KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi.Didalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. BukuSiswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret.Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (*discovery learning*) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (*project based learning*), dan penyelesaian masalah (*problem solving based learning*) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas.Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus **dilakukan** peserta didik.Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus **dilakukan** peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.

Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1.Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.

Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih.Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya.Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014

Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

DAFTAR ISI

f. Kunci jawaban tes formatif
g. Lembar kerja peserta didik

Pembelajaran Ketiga : Instrument Landing System (ILS)

a. Tujuan pembelajaran
b. Uraian materi
c. Rangkuman
d. Tugas
e. Tes formatif
f. Kunci jawaban tes formatif
g. Lembar kerja peserta didik

Pembelajaran keempat : Auxiliary Instruments

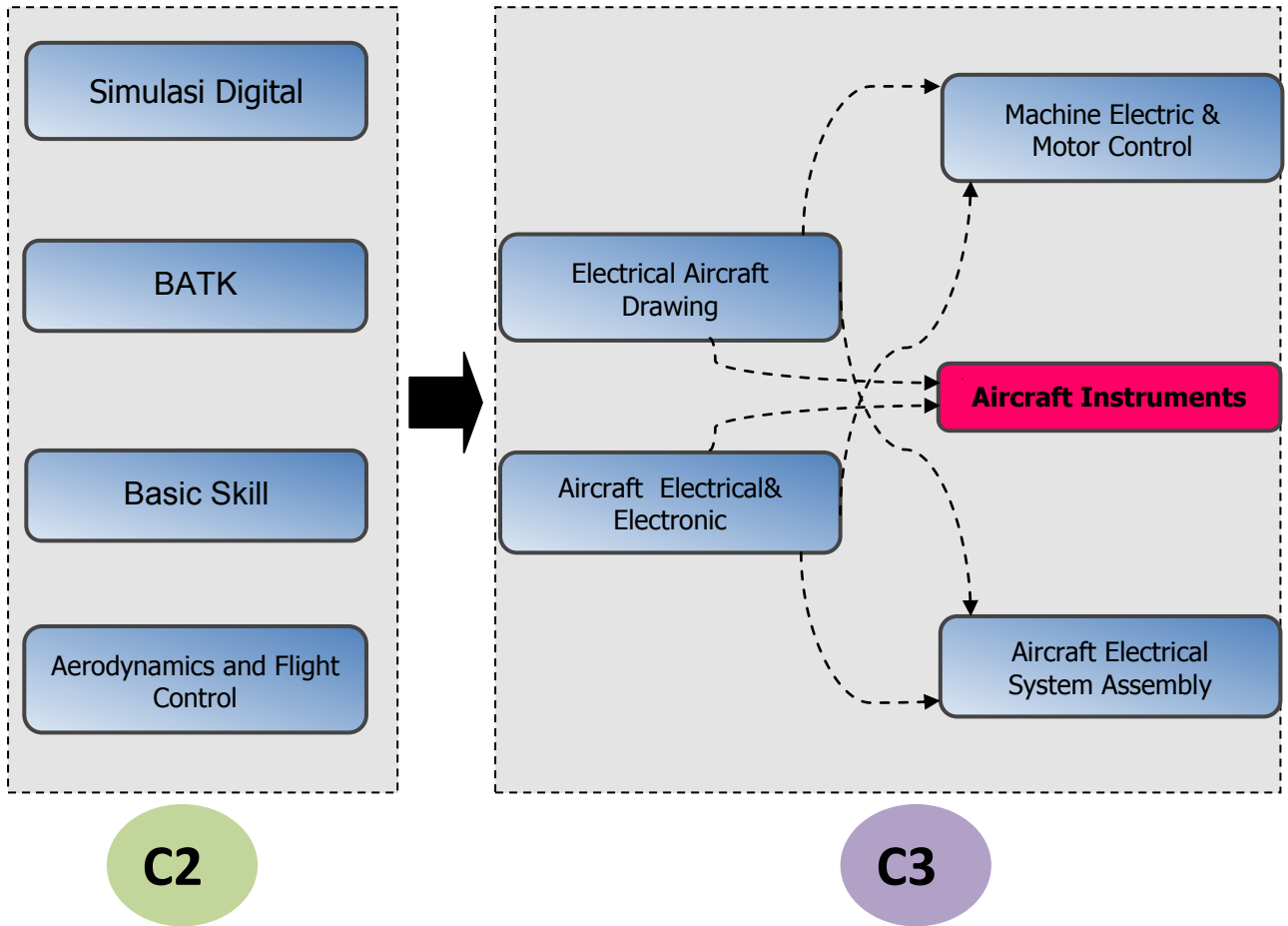
a. Tujuan pembelajaran
b. Uraian materi
c. Rangkuman
d. Tugas
e. Tes formatif
f. Kunci jawaban tes formatif
g. Lembar kerja peserta didik

Pembelajaran kelima : Autopilot

a. Tujuan pembelajaran
b. Uraian materi
c. Rangkuman
d. Tugas
e. Tes formatif
f. Kunci jawaban tes formatif
g. Lembar kerja peserta didik

BAB III EVALUASI

A. Attitude skill
B. Kognitif skill
C. Psikomotorik skill
D. Produk/ benda kerja sesuai criteria standar
E. Batasan waktu yang telah ditetapkan
F. Kunci jawaban

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR

GLOSARIUM

- Flight Instrumen adalah alat ukur (instrument) yang digunakan oleh penerbang untuk mengemudikan pesawat/ saat terbang
- Atmosfer : adalah lapisan gas yang melingkupi sebuah planet, termasuk bumi, dari permukaan planet tersebut sampai jauh di luar angkasa. Di bumi, atmosfer terdapat dari ketinggian 0 km di atas permukaan tanah, sampai dengan sekitar 560 km dari atas permukaan bumi
- Troposfer : Lapisan atmosfer paling rendah kurang lebih 15 kilometer dari permukaan tanah
- Pitot Head : disebut juga Pitot tube atau pressure head, jenis-jenis tekanan yang ada pada pitot head adalah pitot pressure dan static pressure
- Pitot Pressure :tekanan dinamis/ dinamis pressure, ram pressure, impact pressure yaitu tekanan udara pada suatu bidang yang disebabkan oleh bergeraknya bidang tersebut diudara
- Static Pressure tekanan udara pada ruang terbuka
- Altimeter , pengukur ketinggian pesawat udara
- Altimeter Errors, kesalahan-kesalahan penunjukan pada altimeter
- Vertical Speed Indicator, pengukur kecepatan vertical pesawat udara
- Air Speed Indicator , pengukur kecepatan udara pada pesawat udara.

BAB II
PEMBELAJARAN

1. Pembelajaran pertama

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

- Menjelaskan pengertian Sistem Navigasi Pada Pesawat Terbang
- Menyebutkan fungsi Sistem Navigasi Pada Pesawat Terbang
- Menjelaskan komponen Sistem Navigasi Pada Pesawat Terbang
- Menjelaskan prinsip kerja komponen Sistem Navigasi Pada Pesawat Terbang

b. Uraian materi

SISTEM NAVIGASI PADA PESAWAT UDARA

Semua pesawat udara dilengkapi dengan sistem navigasi agar pesawat tidak tersesat dalam melakukan penerbangan.Panel-panel instrument navigasi pada kokpit pesawat memberikan berbagai informasi untuk sistem navigasi mulai dari informasi tentang arah dan ketinggian pesawat.Pengecekan terhadap instrument sistem navigasi harus seteliti dan seketat mungkin.

Sebagai contoh kejadian yang menimpa pesawat Adam Air pada bulan pebruari 2006 sewaktu menjalani penerbangan dari bandara Soekarno Hatta menuju bandara Hasanudin di Makasar. Ketidaktelitian pihak otoritas penerbangan yang mengijinkan pesawat Adam Air terbang dengan sistem navigasi yang tidak berfungsi menyebabkan Pesawat Adam Air berputar-putar di udara tanpa tahu arah selama tiga jam, sebelum mendarat darurat di bandara El Tari Nusa Tenggara Timur. Kesalahan akibat tidak berfungsinya system navigasi adalah kesalahan yang fatal dalam dunia penerbangan.Sanksi yang diberikan adalah dicabutnya ijin operasi bagi maskapai penerbangan yang melanggar.

Fasilitas Navigasi di Bandara

Fasilitas Navigasi dan Pengamatan adalah salah satu prasarana penunjang operasi bandara. Fasilitas ini dibagi menjadi dua kelompok peralatan, yaitu:

1. Pengamatan Penerbangan
2. Rambu Udara Radio

1. Peralatan Pengamatan Penerbangan

Peralatan pengamatan Penerbangan terdiri dari:

- *Primary Surveillance Radar (PSR)*

  PSR merupakan peralatan untuk mendeteksi dan mengetahui posisi dan data target yang ada di sekelilingnya secara pasif, dimana pesawat tidak ikut aktif jika terkena pancaran sinyal RF radar primer. Pancaran tersebut dipantulkan oleh badan pesawat dan dapat diterima di system penerima radar.

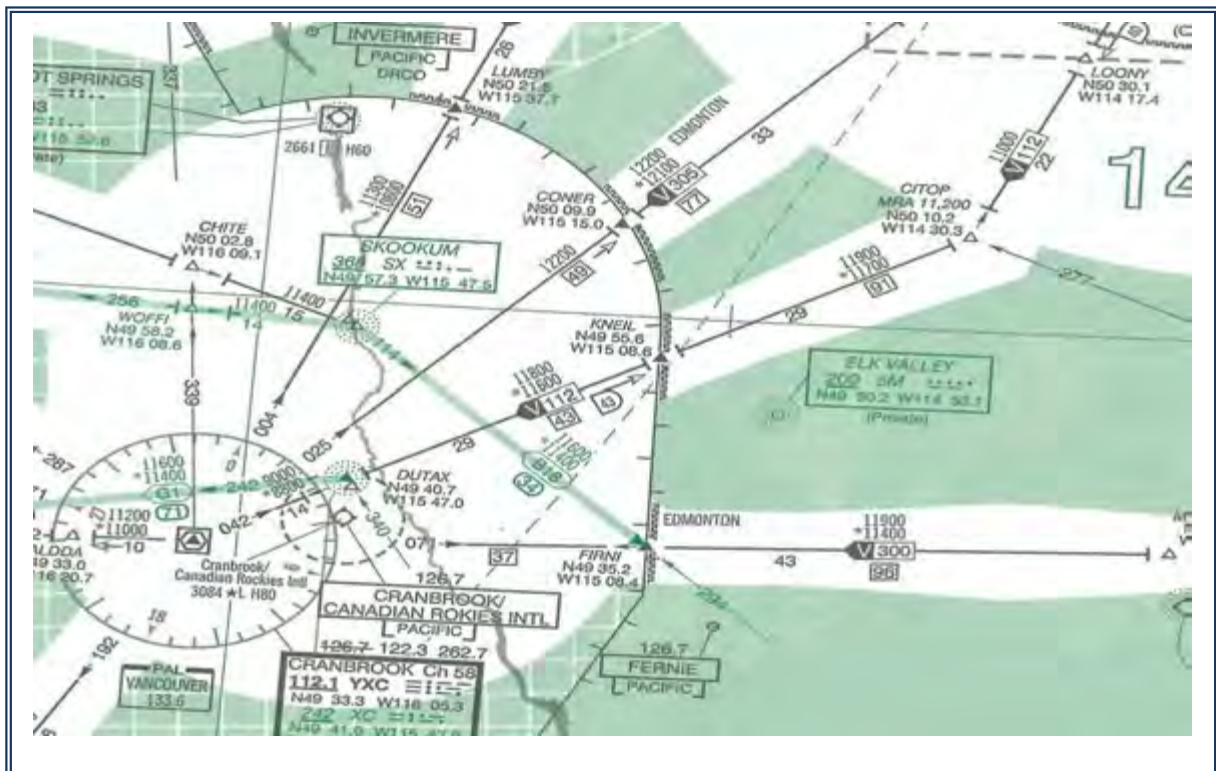
- *Secondary Surveillance Radar (SSR)*
  SSR merupakan peralatan untuk mendeteksi dan mengetahui posisi dan data target yang ada di sekelilingnya secara aktif, dimana pesawat ikut aktif jika menerima pancaran sinyal RF radar sekunder. Pancaran radar ini berupa pulsa-pulsa mode, pesawat yang dipasangi transponder, akan menerima pulsa-pulsa tersebut dan akan menjawab berupa pulsa-pulsa code ke system penerima radar.

- *Air Traffic Control Automation (ATC Automation)* terdiri dari RDPS, FDPS. ADBS-B Processing dan ADS-C Processing.

- *Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B)* dan *Automatic Dependent Surveillance Contract (ADS-C)* merupakan teknologi pengamatan yang menggunakan pemancaran informasi posisi oleh pesawat sebagai dasar pengamatan.

- *Airport Survace Movement Ground Control System (ASMGCS)*
- *Global Navigation Satellite System*

2. Peralatan Rambu Udara Radio

Peralatan Rambu Udara Radio, yaitu Peralatan navigasi udara yang berfungsi memberikan signal informasi berupa Bearing (arah) dan jarak pesawat terhadap *Ground Station*, yang terdiri dari peralatan.

- *Non Directional Beacon (NDB)*
  Fasilitas navigasi penerbangan yang bekerja dengan menggunakan frekuensi rendah (low frequency) dan dipasang pada suatu lokasi tertentu di dalam atau di luar lingkungan Bandar udara sesuai fungsinya.

- *VHF Omnidirectional Range (VOR)*
  Fasilitas navigasi penerbangan yang bekerja dengan menggunakan frekuensi radio dan dipasang pada suatu lokasi tertentu di dalam ata u di luar lingkungan Bandar udara sesuai fungsinya.

- *Distance Measuring Equipment (DME)*
  Alat Bantu navigasi penerbangan yang berfungsi untuk memberikan panduan/informasi jarak bagi pesawat udara dengan stasiun DME yang dituju (Stant range distance).

Penempatan DME pada umumnya berpasangan (collocated) dengan VOR atau Glide Path ILS yang ditempatkan di dalam atau di luar lingkungan bandara tergantung fungsinya

Autopilot

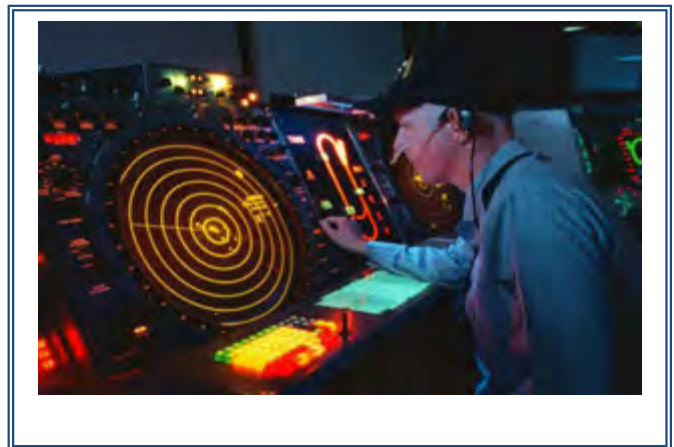
Pilot otomatis (dari bahasa Inggris: *autopilot*) adalah sistem mekanikal, elektrikal, atau hidrolik yang memandu sebuah kendaraan tanpa campur tangan dari manusia. Umumnya pilot otomatis dihubungkan dengan pesawat, tetapi pilot otomatis juga digunakan di kapal dengan istilah yang sama. Sistem pilot

otomatis pertama diciptakan oleh *Sperry Corporation* tahun 1912. Lawrence Sperry (anak dari penemu ternama Elmer Sperry) mendemonstrasikannya dua tahun kemudian pada 1914 serta membuktikan kredibilitas penemuannya itu dengan menerbangkan sebuah pesawat tanpa disetir olehnya. Pilot otomatis menghubungkan indikator ketinggian menggunakan giroskop dan kompas magnetik ke rudder, elevator dan aileron.
Sistem pilot otomatis tersebut dapat menerbangkan pesawat secara lurus dan rata menurut arah kompas tanpa campur tangan pilot, sehingga mencakup 80% dari keseluruhan beban kerja pilot dalam penerbangan secara umum. Sistem pilot otomatis lurus-dan-rata ini masih umum sekarang ini, lebih murah dan merupakan jenis pilot otomatis yang paling dipercaya. Sistem tersebut juga memiliki tingkat kesalahan terkecil karena kontrolnya yang tidak rumit.
Awak pesawat yang bekerja di dalam pesawat Boeing 777 hanya mengawasi dan mengecek sistem autopilot, karena semua peralatan beroperasi secara otomatis.

Kontrol Lalulintas Udara

Segala aktifitas pengaturan lalulintas udara dikendalikan dari ruang Air Traffic Control. Sedangkan Ruang Air Traffic Control sendiri terdiri dari empat unit tugas yaitu :

1. Data Analyzing Room
2. En-route Control Unit
3. Pilot Unit
4. Terminal Control Unit

Pada ruang Air Traffic Control bekerja para petugas pengatur lalulintas udara (Air Traffc Controller) yang bertugas memantau dan mengarahkan lalulintas pergerakan semua pesawat yang terpantau di angkasa.Dalam menjalankan tugasnya, para petugas pengatur lalulintas udara memantau pergerakan pesawat dari alat Air Traffic Control Display.

Display Air Traffic Control

2. Pembelajaran kedua

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

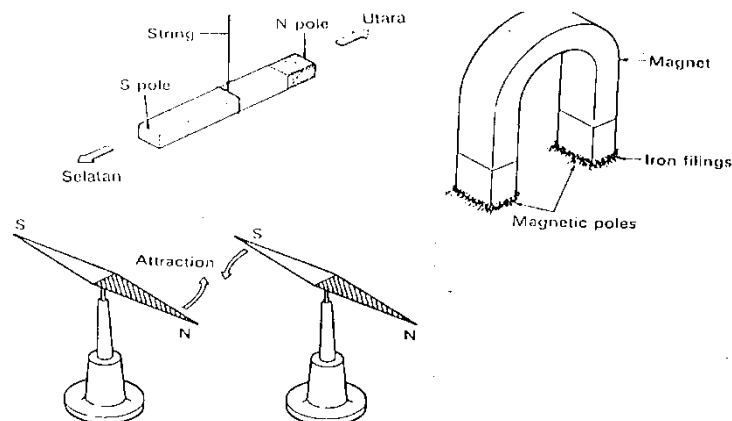
- Menjelaskan pengertian magnetic compass Pada Pesawat Udara
- Menyebutkan fungsi magnetic compass Pada Pesawat Udara
- Menjelaskan komponen syarat-syarat magnetic compass Pada Pesawat Udara
- Menjelaskan kesalahan-kesalahan magnetic compass Pada Pesawat Udara

b. Uraian materi

DIRECT READING MAGNETIC COMPAS

Direct-reading (penunjukan langsung) magnetic compass (kompas magnet) adalah alat navigasi yang pertama dalam pertolongan pertama di dalam pesawat udara. Fungsi utama kompas magnet adalah untuk menunjukkan arah pesawat sesuai dengan meridian magnet bumi. Dewasa ini menjadi pertolongan pesawat terbang dalam menggunakan navigasi, meskipun fungsinya tergantung tipe pesawat terbang yang memakainya dan pertolongan yang dipakai.

Magnetic compass (kompas magnet) digunakan pada pesawat terbang kecil (pesawat dulu) sebagai penunjuk arah yang utama; sedangkan pada pesawat terbang sekarang yang mempunyai peralatan instrument yang lebih lengkap, seperti indicating compass dan pertolongan advanced navigasi lain, kompas magnet mempunyai peranan sebagai penunjuk arah yang selalu siap untuk referensi. Prinsip kerja pada kompas magnet didasarkan atas suatu reaksi antara medan magnet dari permanent magnet dan medan magnet di sekeliling bumi. Para pembaca tentunya telah mempelajari prinsip maupun dasar-dasar dari pada kemagnetan, namun demikian perlu diberi sedikit keterangan mengenai kemagnetan ini, sehingga pembaca yang belum mengetahui, dapat mempelajari apa itu kompas magnet, marilah kita lihat gambar supaya lebih jelas dalam menggambarkan prinsip serta dasar-dasar kemagnetan itu.

Permanen magnet mempunyai tiga sifat umum, yaitu

1) Permanen magnet akan selalu menarik potongan-potongan besi dan baja.
2) Daya tarik permanen magnet akan berkonsentrasi pada tiap-tiap ujungnya.
3) Apabila permanen magnet digantungkan horizontal, maka ia akan diam dan menunjuk arah utara dan selatan.

Sifat-sifat dari pada point (titik) kedua dan ketiga disebut juga dengan istilah kutub magnet. Ujung magnet yang menunjuk utara disebut kutub utara dan ujung yang menunjuk selatan disebut juga kutub selatan. Apabila dua buah magnet dibawa bersama-sama dan ujung dengan ujung didekatkan, lalu ujung-ujung dari pada kedua magnet itu saling tarik-menarik, maka ujung-ujung dari pada kedua magnet itu adalah tidak senama (kutub utara dan kutub selatan), tetapi apabila kedua ujung-ujung magnet itu saling tolak-menolak, maka kedua ujung-ujung magnet itu senama, yaitu kutub selatan dengan kutub selatan atau kutub utara dengan kutub utara. Sifat-sifat kemagnetan tersebut di atas adalah salah satu hukum kemagnetan.Gaya tarik-menarik atau tolak-menolak antara ke dua kutub berbanding terbalik dengan kuadrat jarak antara magnet dengan magnet.

Daerah di mana gaya yang ditimbulkan oleh magnet, dapat dideteksi sebagai medan magnet, kedua magnet semacam ini mengandung magnetik fluk, yang dapat digambarkan dengan arah dan kerapatan (density) oleh garis-garis fluk, Arah garis-garis fluk yang terdapat di luar berasal dari kutub utara dan kutub selatan, sedangkan garis-garis fluk yang terus-menerus dan tidak terputus-putus di dalam magnet arahnya berasal dari kutub selatan dan kutub utara. Apabila dua buah medan magnet saling didekatkan, garis fluknya tidak berseberangan satu sama lain, tetapi membentuk distorted pattern yang masih mengandung closed loops. Simbul dari pada magnetik fluk adalah □, dan satuan magnetik fluk weber (Wb). Dasar sifat-sifat magnet dapat dilihat pada gambar 5-36.Satuan luas yang menunjukkan jumlah fluk, dapat ditunjukkan dalam ruangan (tempat) garis-garis fluk, yang dikenal dengan magnetik fluk density (B), satuannya adalah weber per m^2, tesla (T).Semua bahan apakah magnet atau bukan, mempunyai sifat yang disebut "Ruluctance" yang menghambat terbentuknya magnetik fluk, seperti halnya dengan tahanan pada sirkuit listrik. Kekuatan medan magnet (H) atau kekuatan medan magnet pada suatu titik yang diukur oleh gaya (F), yang timbul pada kutub magnet pada titik itu, gayanya tergantung pada kekuatan kutub itu sendiri, dan dapat dicari berapa besar gaya dan sebagainya, dengan rumus

$H = \frac{H}{\Phi}$ newtons per weber (N/Wb).

I N/Wb = 1 A/m (Ampere per meter).

Momen magnet dari pada suatu magnet mempunyai suatu tendensi untuk memutarkan atau diputar oleh magnet lain.

Momen magnet inilah yang dipakai sebagai syarat untuk mendesain kompas dari pada pesawat terbang, sehingga kekuatan momen sedemikian rupa dan sistem deteksi magnet akan segera bereaksi dengan gaya medan magnet; dalam perhitungan, panjang dan kekuatan pola (kutup) magnet harus diperhatikan.

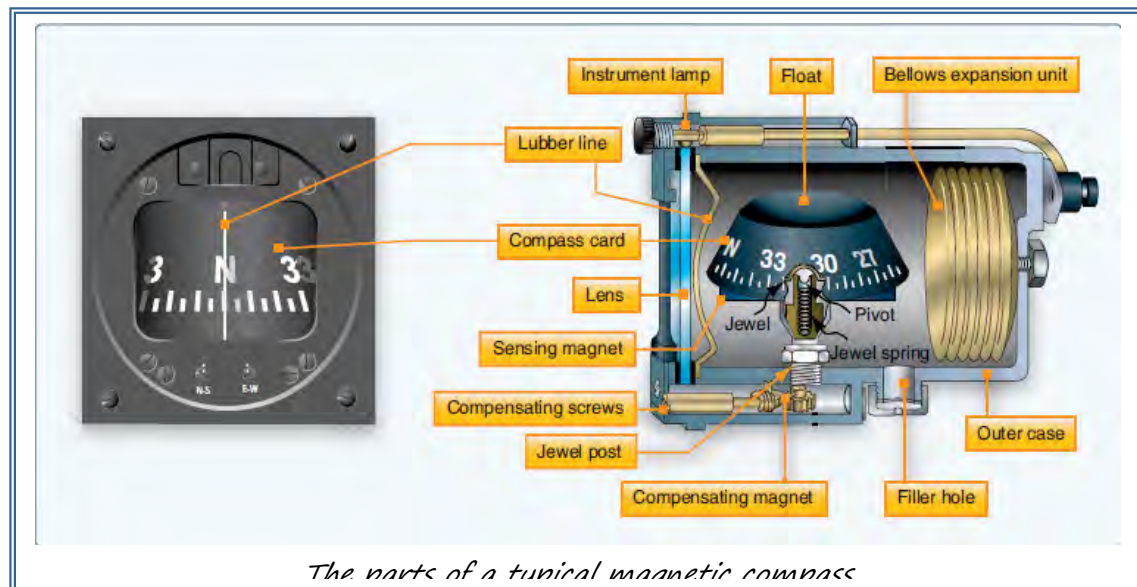
Hard iron (Besi keras) dan *Soft iron* (Besi lunak).

Istilah ini digunakan untuk memberi bermacam-macam sifat kemagnetan, sesuai dengan material yang dapat dibuat. Material seperti cobalt dan tungsten adalah tipe hard material,

karena material tersebut sulit untuk dijadikan magnet tetapi sekali jadi magnet, ia akan tahan lama, seperti halnya permanent magnetism (magnet tetap).

Yang digolongkan dalam soft material, adalah material yang mudah dijadikan magnet seperti Silicon dan biasanya sif at kemagnetannya mudah hilang.

Juga istilah dapat digunakan untuk mengklasifikasikan efek (kejadian) magnet yang terjadi pada alat-alat pesawat terbang.

The parts of a typical magnetic compass

1) Cara Kerja Instrumen Penunjuk Arah

Suatu peristiwa yang terjadi pada sebuah pesawat terbang yang akan terbang hanya mempunyai tujuan untuk terbang dari suatu titik ke titik lain pada suatu bagian bumi dengan cara yang cepat dan tepat dengan menggunakan navigasi udara.

Permukaan bumi dibagi menjadi garis-garis lintang dan garis-garis bujur, yang memberikan sistim kisi-kisi (a grid system) untuk suatu penempatan dan arah. Bumi adalah magnet besar; yang berputar adalah magnet kecil yang tergantung, baik itu di udara atau mengembang pada cairan di sebuah wadah (case), akan menyesuaikan sendiri dengan garis-garis gaya magnet Bumi.

Penggunaan kompas ini, sebagai patokan (referensi) navigasi, yang dapat dilaksanakan di atas kisi-kisi ilmu bumi.

2) Persyaratan Magnetic Compas

Untuk dapat digunakan secara tepat dan effisien, maka setiap instrument magnit kompas harus memenuhi 3 syarat yaitu:

a. Posisinya garus selalu datar/horizontal (horizontality).
b. Harus sensitip (sensisitivity).
c. Harus aperiodik/dead beat (apriodicity).

a) Horizontality.

Bagian utama dari sebuah kompas adalah batang magnit atau jarum magnit, kemudian untuk mendapatkan suatu penunjukan yang tepat dan efisien dari kompas, jarum magnit tersebut harus benar-benar dalam posisi mendatar atau horizontal.

Untuk memenuhi ketentuan di atas batang magnit kita gantungkan pada suatu rangka yang melengkung kemudian ditumpu atau disangga oleh pivot yang diletakkan di atas sebuah magkok (cup. Secara keseluruhan alat ini menyerupai suatu bantul/pendulum (pendulous system). Lihat gambar

Gambar Konstruksi magnetic Compass

Sudah menjadi sifat kemagnitan, maka batang magnit yang tergantung bebas akan selalu melurus dengan garis-garis gaya magnit bumi. Arah garis-garis gaya magnit tidak selalu horizontal; makin dekat ke kutub magnit bumi, garis-garis gayanya akan semakin lurus/vertika. Makin jauh batang magnit dari equator magnit bumi, maka magnit tersebut makin menunduk ke bawah.Makin dekat dengan kutub-kutub magnit makin sulit untuk mencoba meletakkan batang magnit pada posisi mendatar, hingga pada suatu batas daerah tertentu, yaitu mulai dari lintang 70° Utara atau Selatan ke atas, magnit kompas di persawat sudah tidak berfungsi lagi.

Kesimpulan dari keterangan diatas ialah, bahwa pembacaan instrument magnit kompas yang paling tepat/baik, jika pesawat terbang dalam posisi terbang lurus dan datar (straight and Level flight).

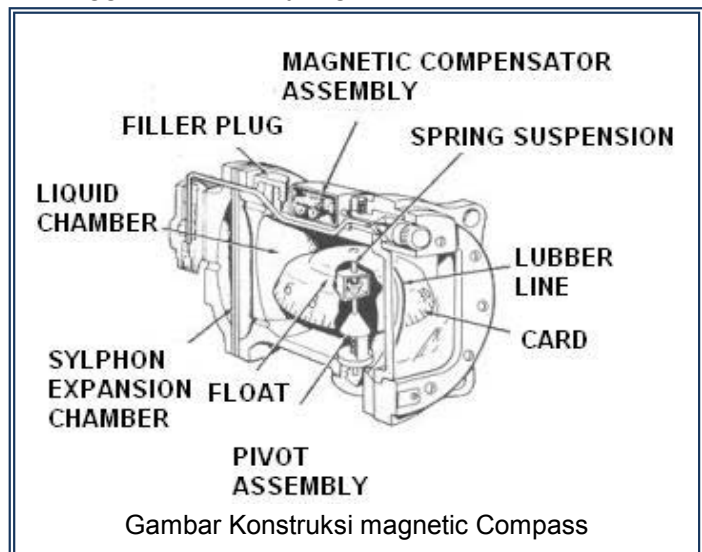
b) Sensitivity

Syarat kedua yang harus dipenuhi agar magnit kompas dapat dipakai secara efisien adalah harus sensitive. Sensitivity atau kepekaaan suatu kompas ditentukan oleh beberapa factor antara lain, bahwa setiap batang magnit yang tergantung bebas akan selalu meluruskan dengan garis-garis gaya magnit bumi, sehingga kemampuan melurus dari batang magnit bumi tersebut sangat tergantung dari kuat atau lemahnya gaya magnit bumi yang mempengaruhinya. Yang dimaksud gaya magnit bumi sisini ialah garis-garis gaya yang arahnya mendatar/horizontal.

Faktor yang lain adalah momen magnit, artinya makin besar momen magnet suatu batang magnit kompas maka kompas akan lebih sensitive dalam menunjuk arah Utara dan Selatan.

Momen magnit tergantung dari panjang batang magnit dan kekuatan medan magnitnya. Hal ini bisa dipenuhi dengan memasang dua hingga 4 batang magnit pada unit kompas, sebab dengan banyak batang magnit otomatis kutub-kutub magnitnya kuat. Dengan kutub magnit yang kuat maka kompas akan senstitive. Kepekaan juga dapat bertambah dengan konstruksi dari kompasnya sendiri,

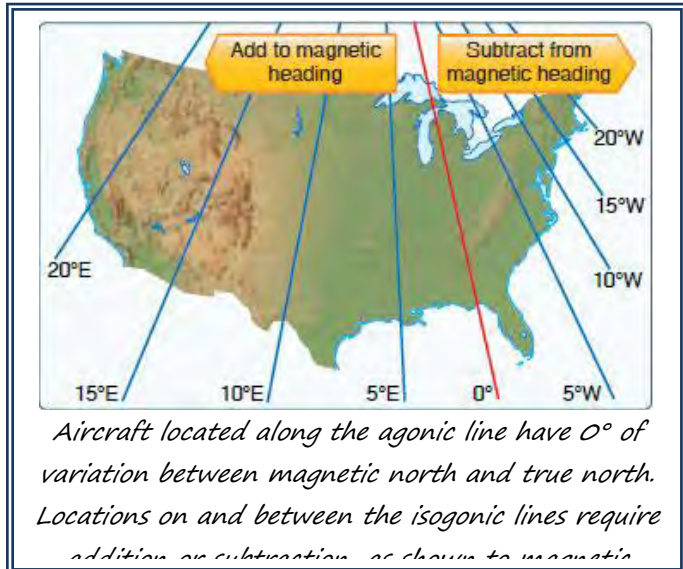
Batang magnit yang tergantung bebas mempunyai titik putarnya merupaka sebuah jarum atau pivot yang ditempatkan kedalam suatu mangkuk sapphire (sapphire cup) dan menumpu pada suatu penyangga (support).

Dengan konstruksi kompas seperti diatas maka koefisien geseran (pivot friction) dapat diperkecil; juga pada jenis kompas dengan penunjukkan vertical (vertical card compass) didalam mangkuk atau ruangan kompas (compass bowl) diisi dengan suatu cairan. Cairan ini disamping dimaksud untuk memperkecil koefisien geseran juga sekaligus untuk melumasi (lubrication) pivot dan mangkuknya.

c) A-periodik (Aperiodicity/Dead beat)

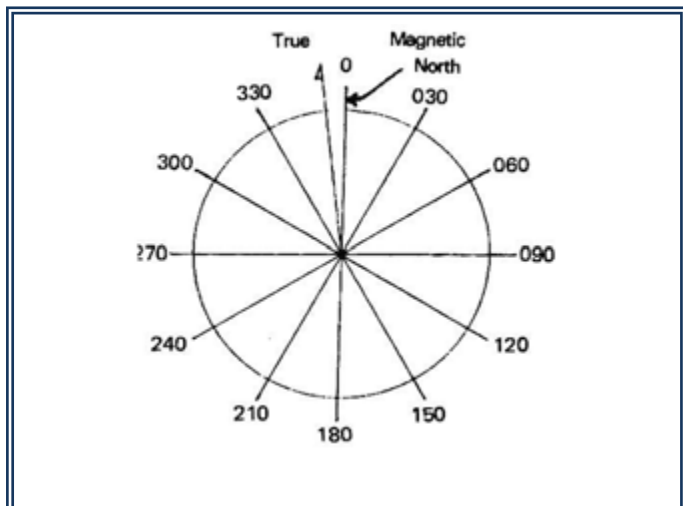
Suatu unit magnit kompas dimana batang magnitnya menunjuk arah Utara dan Selatan kutub magnit bumi, kemudian batang magnit tersebut dirubah arahnya, maka unit kompas tersebut akan berossilasi (oscillate) terlebih dulu kemudian akan kembali menunjuk arah Utara dan Selatan kutub magnit bumi. Tendensi ossilasi inilah yang disebut periode atau cycle.

Yang dimaksud dengan aperiodik adalah, apabila unit magnit kompas diselewengkan arah kutub-kutubnya, maka untuk kembali kea rah semula tanpa harus mengalami ossilasi/oscillate dan penunjukkannya harus tepat seperti semula tidak menggeser (overshooting). Untuk ini dipakai beberapa cara antara lain:

- Panjang batang magnit diperpendek sehingga momennya kecil.
- Di dalam mangkuk atau dalam ruanagan kompas (compass bowl) diisi dengan suatu cairan khusus, yang fungsinya adalah sebagai peredam (damping) ossilasi. Pada jenis kompas yang lain peredam ossilasi dapat juga memakai sepasang kawat peredam (damping wire) yang dipasangkan mendatar dan saling tegak lurus, lihat gambar…..

Aircraft located along the agonic line have 0° of variation between magnetic north and true north. Locations on and between the isogonic lines require

3) Kesalahan-Kesalahan Yang Berkaitan Dengan Kompas

a) Variation.

Variation adalah suatu garis-garis dari suatu kutub-kutuh ilmu Bumi yang dipakai sebagai patokan dalam ilmu penerbangan kita dan tidak sama dengan kutub-kutub magnet bumi, yang dapat kita lihat pada gambar pada peta Amerika Serikat garis-garis variasi sama, yaitu melintang terhadap negara tersebut, sehingga kedua kutubnya sejajar, maka tidak perlu pembetulan, Akan tetapi untuk garis argonic timur, kesalahan variasi harus dikurangkan dari true course, untuk mendapatkan magnetic course begitupun garis-garis barat magnetic course yang lebih besar daripada true course. Pembetulan dilakukan secara perhitungan yang teliti (mathematical computation) oleh penerbang.

b) Deviation (Deviasi).

Bagian metal yang mengandung besi dan kawat-kawat (cable) yang dialiri arus listrik, cenderung menarik magnet pada compas, dan akan menimbulkan kesalahan (error). Kesalahan-kesalahan ini yang disebut deviasi. Dengan adanya kesalahan-kesalahan ini pesawat perlu diadakan swing compas, di mana kesalahan-kesalahan tersebut dibetulkan sampai sekecil mungkin untuk mengadakan swing compass maka pesawat dibawa ke kompas rose, yaitu suatu jalur yang terdekat di luar landasan, yang mana tempat tersebut tidak ada medan magnet dari luar. Lihat gambar

Gambar memperlihatkan adanya bentuk lingkaran yang terbagi dengan patokan magnet utara yang disebut juga rose.

4) Swing Compass.

Betulkan kedudukan kompas dalam pesawat, sehingga lubber line dalam kompas sejajar dengan posisi dari pada pesawat. Putar dan atur screw pengatur pada magnetik kompensator sehingga titik (dot) yang ada pada kompensator itu bertemu dengan titik (dot), pada masing-masing pengatur.

The compass rose on this airport ramp can be used to swing an aircraft magnetic compass

Pesawat diarahkan sepanjang garis magnet utara dengan mesin bekerja, serta alat-alat listrik dan radio dihidupkan, dimana alat alat tersebut mempengaruhi adanya deviasi,(penyimpangan) magnetik kompas : Catat deviasi yang ada pada arah ini. Dan selanjutnya pesawat arahkan.pada posisi selatan, demikian juga catat deviasinya, sehingga dapat dihitung koeficiennya, yaitu koficien C, di mana deviasi utara dikurangi deviasi selatan dibagi dua. Atur screw pengatur utara - selatan (N-S), sesuai dengan pengurangan atau penambahan dari pada penunjukan kompas dengan hasil dari koefficien C. Demikian juga untuk kita hitung koefiecien B, yaitu deviation (deviasi) timur kurangi deviasi barat dibagi dua, sehingga penunjukan arah Barat dikurangi atau ditambah dengan koefficien B. Putar dot (titik) pada kompensator dan lihat penunjukkan pada kompas sampai menunjuk lubber-line dan angka pada dial sesuai dengan hasil koreksi.

Setelah koreksi koefficien B, barulah sekali lagi pada tiap-liap titik dalam kompas rose kita periksa, sehingga kita mendapatkan suatu daftar penunjukan kompas yang akan kita catat pada kartu kompas (compass card) yang akan kita tempel dalam ruangan pilot yang mudah dilihatnya, sebagai patokan dalam menentukan arah terbang pesawat tersebut Bilamana di dalam pencatatan jumlah deviasi jumlah banyaknya arah ternyata besar maka kedudukan dari pada kompas dapat dirubah sesuai dengan hasil yang tersebut di atas, yang disebut juga koreksi koefficien A. Perhatikan swing compass report, yang terlampir

Perhatikan swing compass report, yang terlampir

Contoh : LAPORAN KOMPAS SWING.

	Tipe Pesawat :	Diatur oleh
Tanggal :	No. Register :	1.
	Tipe Kompas :	2.

KOREKSI SWING

Arah Sebenarnya		Penunjukan Kompas Pesawat	Deviasi	Koefisiensi
Utara	360^0	365°	+ 5	"C" = Dev. U - Dev.S.
Timur	90^0	094°	+ 4	$= \frac{(+5) - (-3)}{} = \frac{8}{2} = 4$
Selatan	180^0	177^0	- 3	"B" $= \frac{\text{Dev.T - Dev.B.}}{2}$
Penglihatan	Kof. " C "kompas	+4 181^0		$(+4) - (-4) = \frac{8}{2} = +4$
Barat	270^0	266^0	- 4	
Penglihatan	Kof."B" kompas	+4 270^0		

PEMERIKSAAN SWING

Arah Sebenarnya		Penunjukan Kompas Pesawat	Deviasi	Koefisien A
Barat L	315^0	315^0	0	
Utara	360^0	360^0	0	
Timur L	045^0	046^0	1	
Timur	090^0	090^0	0	
Tenggara	135^0	134^0	- 1	
Selatan	180^0	180^0	0	
Barat D	225^0	225^0	0	
Barat	270^0	270^0	0	

Jumlah: 0 : 8 = 0

Cengkareng, 10-2-2008
Disyahkan oleh :

c. Rangkuman

- Fungsi utama kompas magnet adalah untuk menunjukkan arah pesawat sesuai dengan meridian magnet bumi

- Permanen magnet mempunyai tiga sifat umum, yaitu
  - Permanen magnet akan selalu menarik potongan-potongan besi dan baja.
  - Daya tarik permanen magnet akan berkonsentrasi pada tiap-tiap ujungnya.
  - Apabila permanen magnet digantungkan horizontal, maka ia akan diam dan menunjuk arah utara dan selatan

- kompas magnet harus memenuhi 3 syarat yaitu:
  - Posisinya garus selalu datar/horizontal (horizontality).
  - Harus sensitip (sensisitivity).
  - Harus aperiodik/dead beat (apriodicity).

- Variationadalah suatu garis-garis dari suatu kutub-kutuh ilmu Bumi yang dipakai sebagai patokan dalam ilmu penerbangan kita dan tidak sama dengan kutub-kutub magnet bumi

- Bagian metal yang mengandung besi dan kawat-kawat (cable) yang dialiri arus listrik, cenderung menarik magnet pada compas, dan akan menimbulkan kesalahan (error). Kesalahan-kesalahan ini yang disebut deviasi

- Swing kompas adalah cara/ usaha untuk menghilangkan/ mengeliminer kesalahan-kesalah akibat kesalahan deviasi

d. Tugas

1. Apa fungsi compass dalam penerbangan
2. Sebutkan sifat-sifat permanen magnet

e. Tes formatif

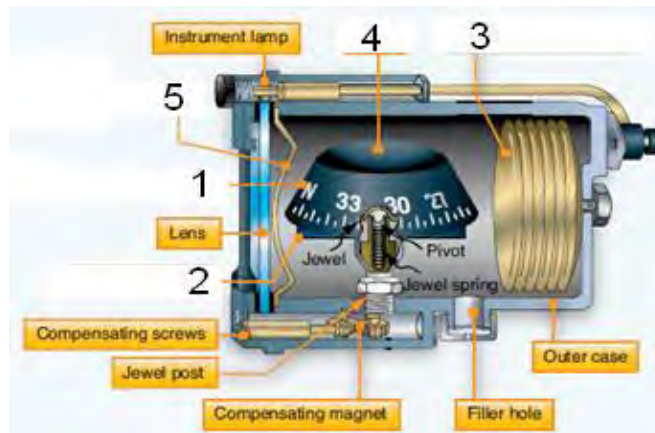
1. Sebutkan syarat-syarat magnetic compass
2. Apa yang disebut dengan variation
3. Apa yang disebut dengan deviation

f. Kuncijawaban tes formatif

1. kompas magnet harus memenuhi 3 syarat yaitu:
   - Posisinya garus selalu datar/horizontal (horizontality).
   - Harus sensitip (sensisitivity).
   - Harus aperiodik/dead beat (apriodicity).

2. Variation adalah suatu garis-garis dari suatu kutub-kutuh ilmu Bumi yang dipakai sebagai patokan dalam ilmu penerbangan kita dan tidak sama dengan kutub-kutub magnet bumi

3. Bagian metal yang mengandung besi dan kawat-kawat (cable) yang dialiri arus listrik, cenderung menarik magnet pada compas, dan akan menimbulkan kesalahan (error). Kesalahan-kesalahan ini yang disebut deviasi

g. Lembar kerja siswa

No	Nama komponen
1	
2	
3	
4	
5	

3. Pembelajaran Ketiga

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

- Menjelaskan pengertian Instrument Landing System
- Menjelaskan komponen Instrument Landing System
- Menjelaskan prinsip kerja Instrument Landing System

b. Uraian materi

INSTRUMENT LANDING SYSTEM (ILS)

Instrument Landing System (ILS) merupakan sistem pemandu pendaratan pesawat udara menggunakan instrument elektronika. Sistem ini membantu pesawat udara untuk mendarat tepat pada *centre line* (garis tengah) *runway* dandengan sudut pendaratan yang tepat.

Visualisasi landasan dilihat dari cockpit pesawat yang akan mendarat

- Pemanduan dilakukan agar pilot mengetahui jarak pesawat terhadap area pendaratan (*touchdown zone*) pada *runway*
- Pemanduan dilakukan untuk mengatur posisi kanan kiri (center line) pesawat, sehingga dapat landing dengan tepat di garis tengah landasan.
- Pemanduan dilakukan juga untuk mengatur posisi atas bawah pesawat, sehingga dapat landing dengan tepat pada sudut ± 3° terhadap landasan.

ILS terdiri dari 3 komponen peralatan berdasarkan fungsi pemanduannya yaitu :

- Marker Beacon
- Localizer
- Glide Slope

1) **MARKER BEACON**

Yaitu peralatan navigasi yang memberikan informasi berupa audio dan visual untuk mengetahui jarak pesawat terhadap runway. Terdiri dari OM (Outer Marker), MM (Middle Marker), IM (Inner Marker)

2) **LOCALIZER**

Yaitu peralatan navigasi yang memberikan informasi mengenai kelurusan pesawat dengan garis tengah landasan

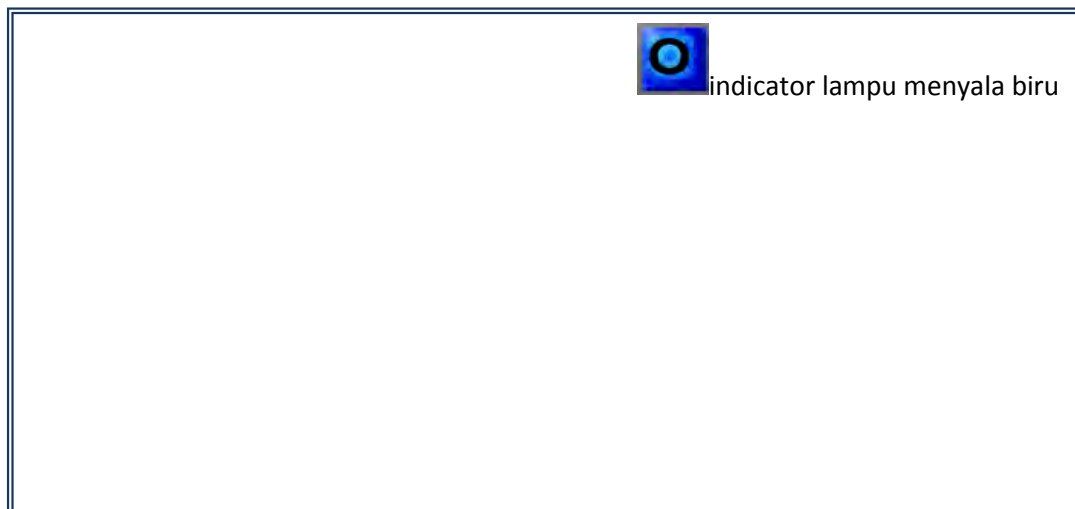
3) **GLIDE SLOPE**

Yaitu Peralatan Navigasi yang memberikan informasi sudut pendaratan p esawat ± 3° terhadap runway

MARKER BEACON Outer Marker (OM)

Outer marker adalah peralatan navigasi yang memancarkan gel.elektromagnetik untuk memberikan informasi ke pilot bahwa posisi pesawat berada pada jarak 7 – 12 Km dari *threshold* (ujung *runway*). Oleh karena itulah perlatan pemancar outer marker diletakkan pada jarak 7 – 12 Km dari ujung runway, sehingga pada saat pesawat berada tepat di atas outer marker maka pesawat akan menerima informasi bahwa pesawat berada pada jarak 7-12 km dari *threshold*.

Informasi yang diterima pesawat berupa identifikasi nada panjang terputus-putus (*dash tone*) / ___ ___ secara terus menerus sampai pesawat tidak lagi berada pada pancaran sinyal outer marker / tidak berada di atas peralatan outer marker.

Selain terdengar *dash tone,* pilot juga akan memonitor indicator lampu berwarna biru yang akan menyala saat pesawat menerima sinyal outer marker. Seperti terlihat pada gambar di bawah ini.

MARKER BEACON Middle Marker (MM)

Sama halnya seperti outer marker, middle marker juga memancarkan gel.elektromagnetik untuk memberikan informasi ke pilot dengan jarak yang berbeda dari OM yaitu 1,050 Km dari *threshold* (ujung *runway*). Oleh karena itulah perlatan pemancar outer marker diletakkan pada jarak 1,050 Km dari ujung runway, sehingga pada saat pesawat berada tepat di atas outer marker maka pesawat akan menerima informasi bahwa pesawat berada pada jarak 1,050 km dari *threshold*. Pada area ini, pilot harus sudah mengambil keputusan apakah dia sudah siap dan pada posisi yang tepat untuk landing atau tidak. Jika pilot merasa belum siap landing, dia harus segera memutuskan untuk *go arround* (kembali lagi pada posisi pendekatan).

Informasi yang diterima pesawat berupa identifikasi nada panjang dan singkat bergantian (*dash dot tone*) / ___ o ___ secara terus menerus sampai pesawat tidak lagi berada pada pancaran sinyal middle marker / tidak berada di atas peralatan middle marker.
Selain terdengar *dash dot tone,* pilot juga akan memonitor indicator lampu berwarna amber yang akan menyala saat pesawat menerima sinyal middle marker. Seperti terlihat pada gambar di bawah ini.

M indicator lampu menyala amber

MARKER BEACON Inner Marker (IM)

Inner marker, tidak seperti marker beacon lainnya, inner marker jarang dipakai pada bandar udara di Indonesia kerena jarak pandang (visibility) pilot masih relatif baik. Inner marker biasanya digunakan di bandar udara yang berada pada daerah bersalju,dan berkabut dimana *visibility* dekat. Peralatan ini juga memancarkan gel.elektromagnetik untuk memberikan informasi ke pilot dengan jarak 450 m dari *threshold* (ujung *runway*).
Informasi yang diterima pesawat berupa identifikasi nada singkat terputus-putus (*dot tone*) / ___ o ___ secara terus menerus sampai pesawat tidak lagi berada pada pancaran sinyal inner marker / tidak berada di atas peralatan inner marker.
Selain terdengar *dot tone,* pilot juga akan memonitor indicator lampu berwarna putih yang akan menyala saat pesawat menerima sinyal middle marker. Seperti terlihat pada gambar di bawah ini.

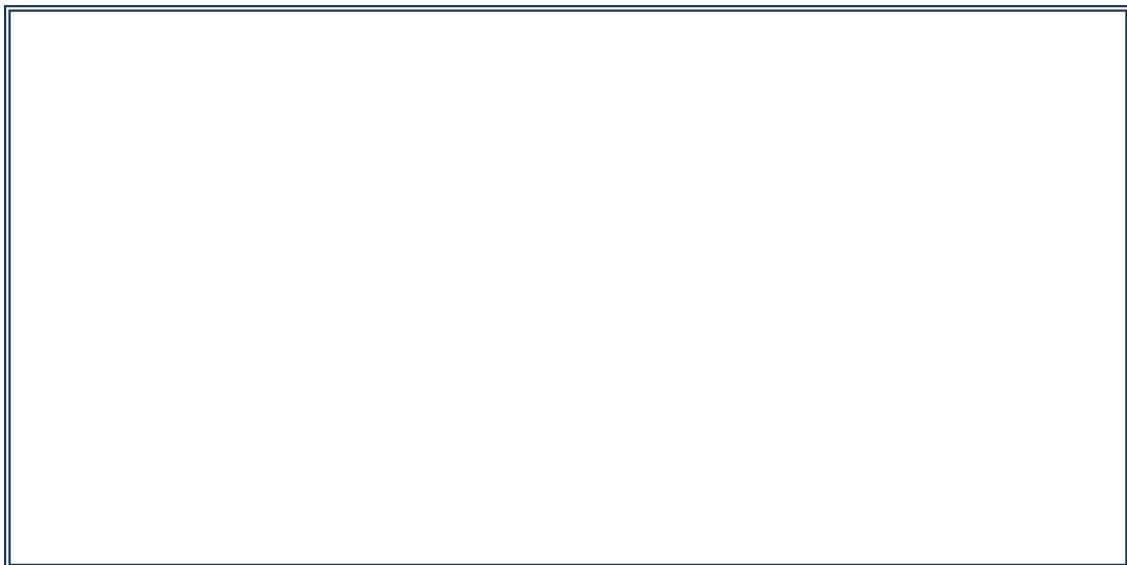
I indicator lampu menyala putih

LOCALIZER

Peralatan navigasi yang memberikan informasi mengenai kelurusan pesawat dengan garis tengah landasan.Seperti terlihat pada gambar tampak atas sebuah runway dibawah.Localizer ditempatkan di ujung runway.

Peralatan ini akan memancarkan 2 buah slope dengan frekuensi loop yang berbeda tetapi tetap satu frekuensi carrier. Kedua frekuensi inilah yang akan dibandingkan setelah diterima oleh pesawat udara untuk melihat apakah pesawat berada tepat di *centre line* atau belum. Indicator yang terlihat di cockpit pesawat berupa jarum sebagai tanda *centre line*

Jika pesawat mendapatkan frekuensi loop dominan 150 Hz, jarum akan bergerak ke kiri, artinya pesawat berada terlalu kekanan dari *centre line,* maka pilot harus menggerakkan pesawat ke kiri sampai jarum tepat di tengah. Begitu juga sebaliknya jika pesawat mendapatkan frekuensi loop dominan 90 Hz, jarum akan bergerak ke kanan, artinya pesawat berada terlalu ke kiri dari *centre line,* maka pilot harus menggerakan pesawat ke kanan sampai jarum tepat di tengah.

Saat komposisi frekuensi loop 150 Hz dan 90 Hz seimbang, artinya pesawat berada tepat di *centre line* dan pesawat sudah dalam posisi yang benar untuk landing.

Localizer bekerja pada range frekuensi 108.00 - 112.00 Mhz, dengan jarak persepuluhan ganjil. Persepuluhan genap digunakan untuk VOR (VHF Omnidirectional Radio Range). Sebagai contoh ILS WIII (kode bandara Sukarno-Hatta) *runway* 07 r*ight* memiliki frekuensi localizer 110.50 Mhz, sedangkan frekuensi VOR-nya adalah 113.60 Mhz.

Frekuensi ini dipancarkan oleh antena carrier yang diletakkan di tengah antara antena 150 Hz dan 90 Hz. Antena loop memancarkan sinyal yang kemudian dimodulasikan dengan frekuensi carrier di udara. Modulasi seperti ini disebut *Space Modulation*.. Antena Localizer terdiri dari 16-24 buah antenna loop dan 1 buah antena carrier

GLIDE SLOPE

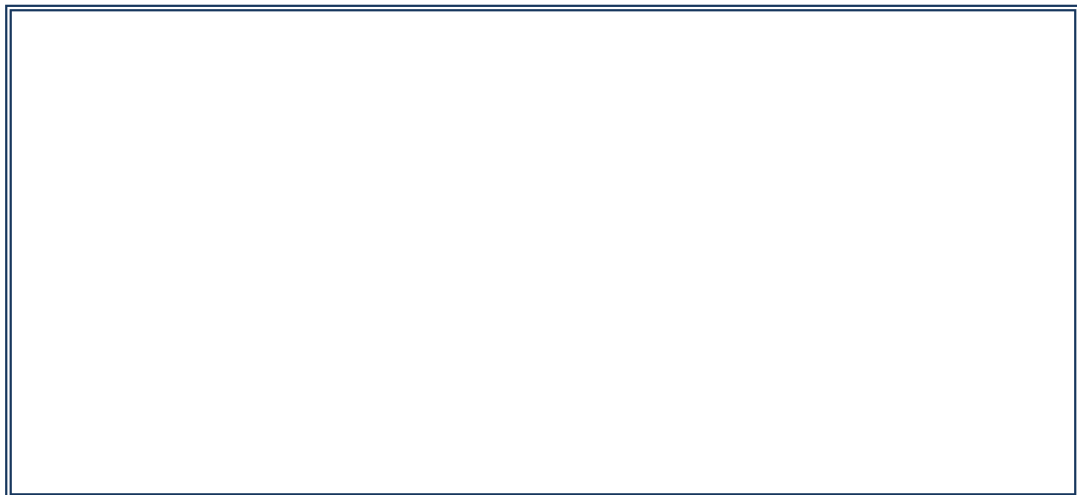
Peralatan navigasi glide slope tidak jauh berbeda dengan localizer pada bentuk modulasi dan frekuensi loopnya. Glide slope juga memancarkan frekuensi carrier dan loop. Glide slope memberikan informasi sudut pendaratan 3^o dengan mengkombinasikan frekuensi loop 150 Hz dan 90 Hz menggunakan 2 buah antena vertikal dalam 1 buah tiang. Sudut 3^o dihasilkan jika loop 150 Hz sebanding dengan 150 Hz.

Kedua frekuensi ini akan dibandingkan setelah diterima oleh pesawat udara untuk melihat apakah pesawat sudah memmbentuk sudut 3^o atau belum. Indicator yang terlihat di cockpit pesawat berupa jarum sebagai tanda sudut3^o.

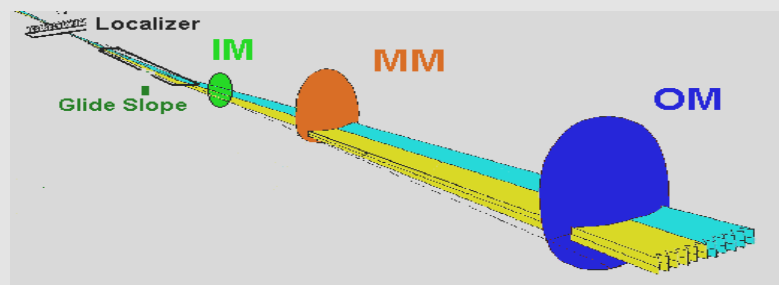
Jika pesawat mendapatkan frekuensi loop dominan 150 Hz, jarum akan bergerak ke atas, artinya sudut pendaratan pesawat terlalu rendah atau peswat talu rendah untuk landing, maka pilot harus menaikkan pesawat sampai jarum tepat di tengah. Begitu juga sebaliknya jika pesawat mendapatkan frekuensi loop dominan 90 Hz, jarum akan bergerak ke bawah, artinya sudut pendaratan pesawat berada terlalu besar atau pesawat terlalu tinggi untuk landing, maka pilot harus menurunkan ketinggian pesawat sampai jarum tepat di tengah.

Saat komposisi frekuensi loop 150 Hz dan 90 Hz seimbang, artinya pesawat berada pada sudut pendaratan yang aman (tepat) dan pesawat sudah dalam posisi yang benar untuk landing.

GLIDE SLOPE

Antena glide slope dipasang 3 buah bertingkat vertikal, 1 buah antena carrier dipasang diantara 2 buah antena loop seperti gambar di bawah.

c. Rangkuman

- **Instrument Landing System (ILS)** merupakan sistem pemandu pendaratan pesawat udara menggunakan instrument elektronika. Sistem ini membantu pesawat udara untuk mendarat tepat pada *centre line* (garis tengah) *runway* dandengan sudut pendaratan yang tepat

- **MARKER BEACON**
Yaitu peralatan navigasi yang memberikan informasi berupa audio dan visual untuk mengetahui jarak pesawat terhadap runway. Terdiri dari OM (Outer Marker), MM (Middle Marker), IM (Inner Marker)

- **LOCALIZER**
Yaitu peralatan navigasi yang memberikan informasi mengenai kelurusan pesawat dengan garis tengah landasan

- **GLIDE SLOPE**
Yaitu Peralatan Navigasi yang memberikan informasi sudut pendaratan p esawat ± 3° terhadap runway

d. Tugas

1) Apa pengertian Instrument landing system (ILS)
2) Apa yang dimaksud dengan inner marker, middle marker, outer marker
3) Berapa jarak inner marker, middle marker, outer marker dari ujung landasan

e. Tes formatif

1) Apa fungsi Instrument landing system (ILS)
2) Sebutkan komponen ILS dan jelaskan fungsinya
3) Berapa sudut pendaratan yang dianjurkan

f. Kunci jawaban tes formatif

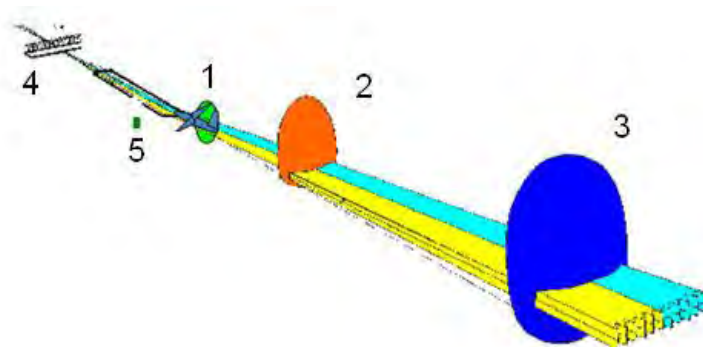
1) Fungsi ILS adalah memberikan
   - Pemanduan dilakukan agar pilot mengetahui jarak pesawat terhadap area pendaratan (*touchdown zone*) pada *runway*
   - Pemanduan dilakukan untuk mengatur posisi kanan kiri (center line) pesawat, sehingga dapat landing dengan tepat di garis tengah landasan.
   - Pemanduan dilakukan juga untuk mengatur posisi atas bawah pesawat, sehingga dapat landing dengan tepat pada sudut ± 3° terhadap landasan.

2) Komponen ILS
   - **MARKER BEACON**
     Yaitu peralatan navigasi yang memberikan informasi berupa audio dan visual untuk mengetahui jarak pesawat terhadap runway. Terdiri dari OM (Outer Marker), MM (Middle Marker), IM (Inner Marker)

   - **LOCALIZER**
     Yaitu peralatan navigasi yang memberikan informasi mengenai kelurusan pesawat dengan garis tengah landasan

   - **GLIDE SLOPE**
     Yaitu Peralatan Navigasi yang memberikan informasi sudut pendaratan terhadap runway

3) sudut ± 3°

g. Lembar kerja siswa

No	Nama komponen	fungsi
1		
2		
3		
4		
5		

4. Pembelajaran Keempat

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat :

- Menjelaskan pengertian stall warning system
- Menyebutkan fungsi stall warning system
- Menjelaskan prinsip angle of attack indicator
- Menjelaskan pengertian Position indicator Pada Pesawat Terbang
- Menyebutkan fungsi Position indicator Pada Pesawat Terbang
- Menjelaskan prinsip kerja Position indicator Pada Pesawat Terbang

b. Uraian materi

AUXILIARY INSTRUMENTS

Instrumen tambahan ini dimaksudkan untuk memberikan indikasi pada pilot agar dapat mengetahui keadaan pesawat secara lebih pasti pada waktu menerbangkan pesawatnya sehingga akan lebih menjamin keselamatan terbang dan juga terbang yang lebih menyenangkan.

Instrumen tambahan terdiri dari berbagai macam penunjukan dan system, akan tetapi hanya 4 instrumen tambahan yang dijelaskan dalam modul ini, yaitu Stall Warning System sebagai pengingat pilot pada saat pesawat mendekati keadaan stall, Angle Of Attack Indicator sebagai penggati Stall Warning System yang akan menunjukan pesawat saat mendekati keadaan stall, Position Indicator seperti Flap Position Indicator dan Landing Gear Indicator pada pesawat terbang sebagai penunjukan tidak langsung dari suatu gerakan mekanis, Suction Gages adalah suatu instrument yang di gunakan untuk menunjukan tekanan udara atauy penunjukan suatu jumlah kerendahan dari udara.

B. Prinsip Dasar Stall Warning System

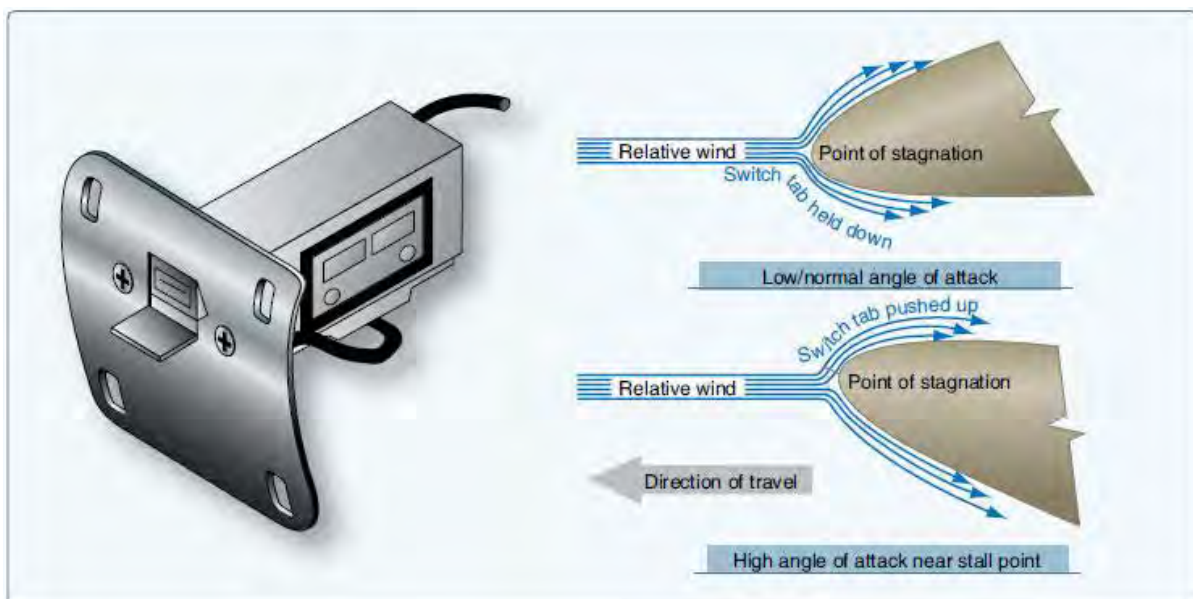
Stall Warning System merupakan alat atau instrument yang berfungsi untuk mengingatkan pilot apabila pesawatnya sudah mendekati keadaan stall. Dua jenis instrumen yang umum dipakai:

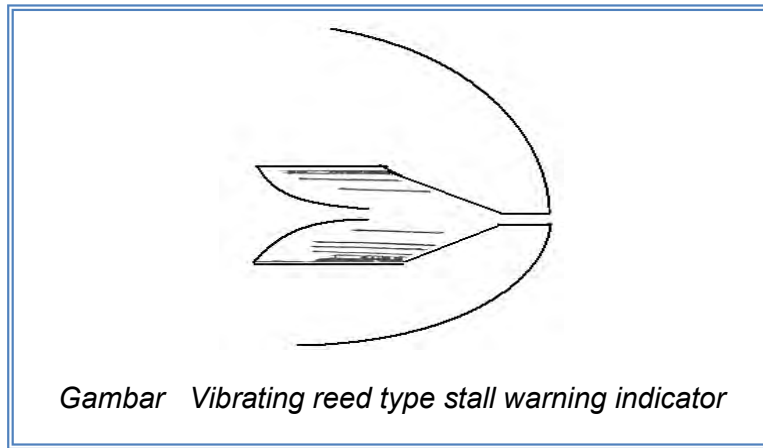
1. Electric Stall Warning System

Salah satu contoh dari system ini adalah dengan menggunakan sebuah vane kecil yang menonjol keluar dari leading edge sayap bagian tengah, alat ini disebut Lift Tranducer atau stall warning vane.

Cara kerja Electric Stall Warning System

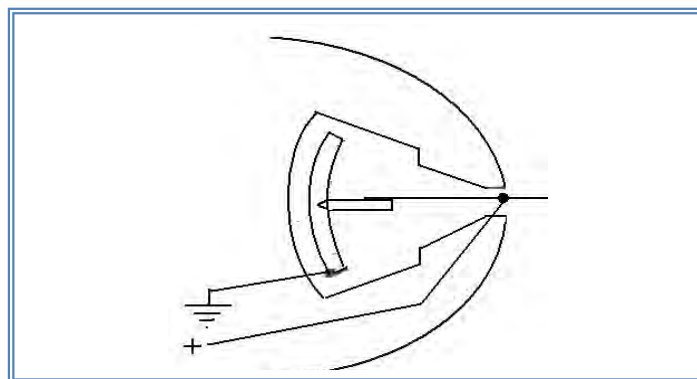
Pada kecepatan sekitar lima knots diatas kecepatan stall, vane akan terangkat dan menggerakan sebuah microswitch. Microswitch ini menyalakan sebuah lampu berwarna merah pada panel instrument atau membunyikan sebuah buzzer (sirene kecil) untuk mengingatkan pilot akan keadaan menuju stall. Perhatikan gambar

Gambar . Posisi penempatan stall warning system

2. Non-Electric Stall Warning System

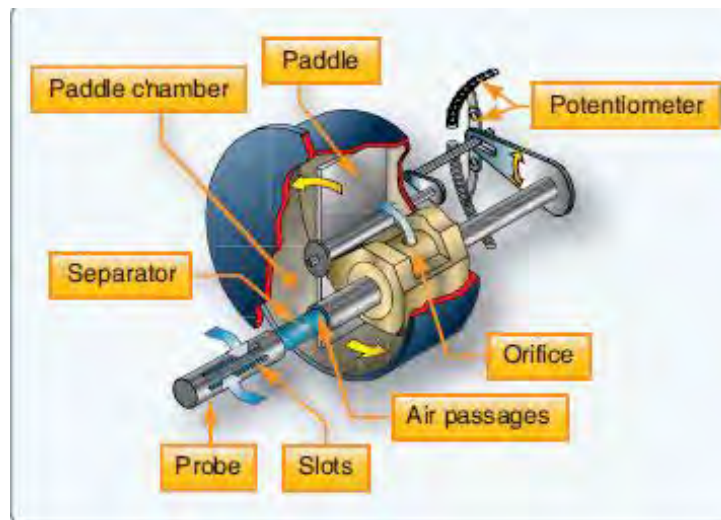
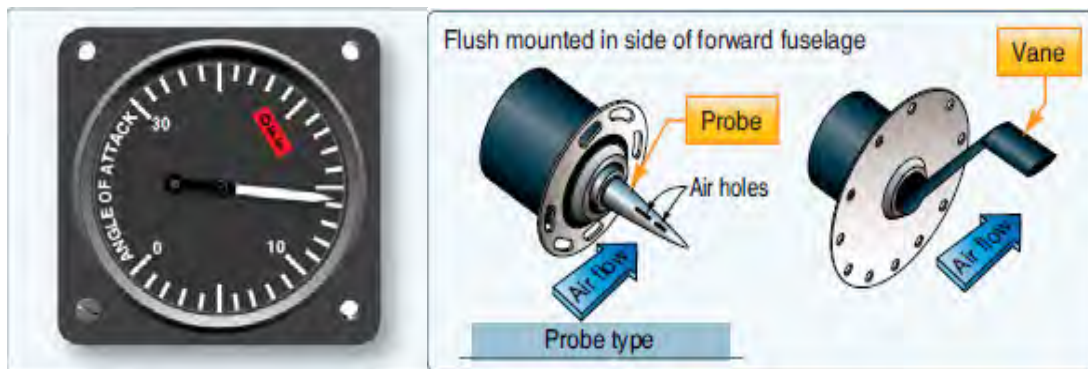
Stall warning jenis non-electric ini sama sekali tidak tergantung dari system listrik akan tetapi digerakkan oleh aliran udara melalui sebuah vibrating reed. Perhatikan gambar

Gambar Vibrating reed type stall warning indicator

Pada keadaan terbang normal, lubang udara pada daerah sebelum stall warning reed mendapat tekanan yang positif dan akibatnya reed tidak bergerak. Tetapi bila angle of attack bertambah, daerah yang bertekanan rendah di atas stagnation point bergerak di atas lubang masuk ke reed dan hasilnya reed mulai bergetar. Setiap perubahan angle of attack akan mengakibatkan perubahan node (tone) dari getaran reed, sehingga pilot dapat mengetahui berapa jauh dari keadaan stall dengan mendapatkan besar kecilnya nada suatu yang di timbulkan oleh vibrating reed.

C. Angle Of Attack Indicator

Cara yang sederhana dari indicator ini juga mempergunakan mekanisme yang sejenis dengan electric stall warning vane, akan tetapi vane ini bukan menggerakkan microswitch untuk menyalakan lampu atau menghidupkan buzzer, melainkan vane tersebut digunakan menggerakkan suatu resistor. Perhatikan gambar

Prinsip Kerja

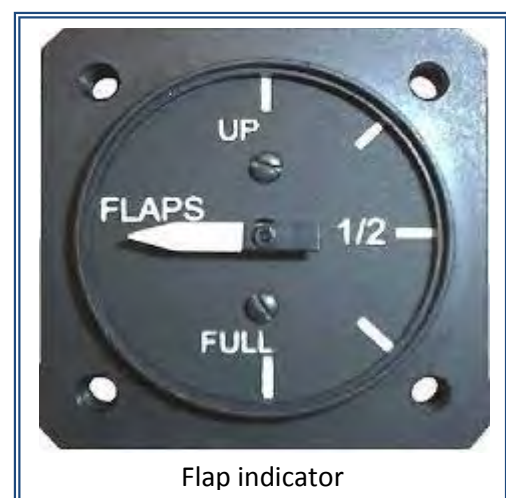
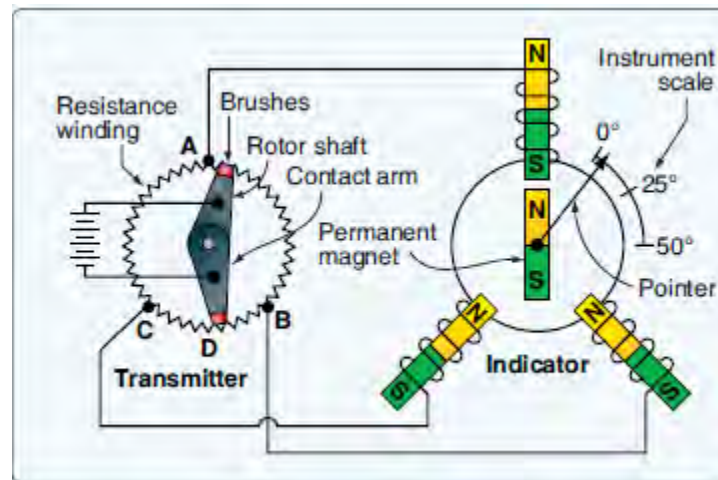
Perubahan arus mengalir karena perubahan harga tahanan resistor, ini akan menggerakkan pointer dari indicator pada keadaan angle of attack yang besar, kecil atau tepat pada posisi normal ataupun dalam posisi climbing.

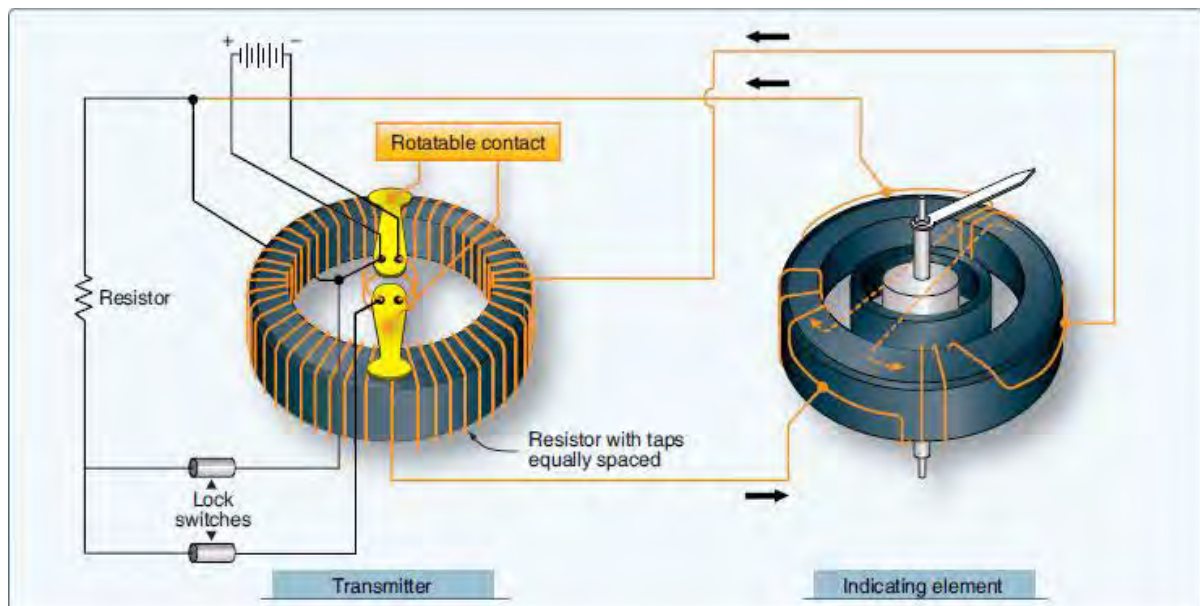
Transmitter dari system ini lebih rumit dari pada jenis vane seperti terlihat pada gambar Probe yang di tempatkan pada aliran udara (air stream) dan dua celah (slots) sebagai jalan udara masuk ke dalam dua buah ruangan pada rumah transmitternya. Kedua ruangan ini dipisahkan oleh sebuah paddle yang bergerak, dengan melalui sebuah poros (shaft) untuk menggerakkan sebuah variable resistor. Susunan demikian ini menghasilkan gerakan halus (smooth) dari resistor pada setiap angle of attack.

Gambar Angle attack indicator

POSITION INDICATOR

A. Position Indicator

Flap indicator

Position indicator seperti flap position indicator dan landing gear indicator pada pesawat terbang adalah penunjukan tidak langsung dari suatu gerakan mekanis.Salah satui contoh dari system ini adalah memakai listri D.C. yang disebut dengan D.C. selsyn system.Suatu selsyn system terdiri dari transmitter, indicator dan kabel-kabel penghubung arus listrik yang dipergunakan untuk menjalankan system ini diambil dari system listrik pesawat itu sendiri. Transmitternya terdiri dari sebuah gulungan tahanan yang melingkar dan contact arm yang dapat berputar, contact arm berputar pada poros di tengah-tengah gulungan tahanan dimana kedua ujung dari arm ini digerakan oleh gerakan flap melalui penggerak-penggerak mekanis, gerakan flap menyebabkan poros transmitter berputar, sehingga contact arm berputar dan arus listrik dapat mengalir melalui dua titik di sekeliling gulungan.

Bilamana ada perubahan arah medan magnet akibat perubahan posisi contact arm, maka polarized motor dari indicator akan berputar dan meluruskan diri dengan posisi medan magnet yang terjadi dan dengan demikian rotor akan menunjukan posisi dari transmitter arm, posisi ini dirubah menjadi derajat pergerakan dari flap pada indicatornya di kokpit.

Gambar 1.5. Position indicator circuit

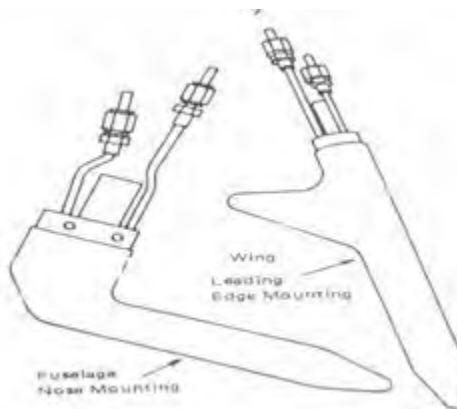
Apabila system ini digunakan untuk menunjukan posisi landing gear, dibutuhkan suatu rangkaian tambahan yang dihubungkan dengan gulungan transmitter, yang mana bekerja sebagai rangkaian lock-switch. Kegunaan dari rangkaian tambahan ini adalah untuk menunjukan kalau landing gear sudah dalam keadaan up dan locked, atau down dan locked. Lock-switch ini dihubungkan dengan ketiga kawat penghubung antara transmitter dan indicator, perhatikan gambar (1.6) berikut ini.

Gambar 1.6. Landing gear position dengan lock system

B. Clock (jam penunjuk waktu)

Clock ini adalah yang standar, 12 jam, 7 hari. Spring wound clock dengan sebuah penujuk detik yang dapat di control, jarum penujuk detik ini juga dapat dipergunakan sebagai stopwatch, perhatikan gambar (1.7) berikut ini.

Gambar 1.7. C L O C K

C. Suction Gages

Suction gages atau vacuum gages, adalah suatu instrument yang di pergunakan untuk menunjukan pengurangan tekanan udara atau menunjukan suatu jumlah tekanan kerendahan dari udara (vcuum pressure). Tekanan kerendahan tersebut di hasilkan oleh suatu pompa penghisap (vacuum pump) atau tabung vakum (venturi tube).Perhatikan gambar berikut ini.

Gambar 1.8. Suction gage

Rangkuman

c. Rangkuman

- Instrumen tambahan ini dimaksudkan untuk memberikan indikasi pada pilot agar dapat mengetahui keadaan pesawat secara lebih pasti pada waktu menerbangkan pesawatnya sehingga akan lebih menjamin keselamatan terbang

- Stall Warning System merupakan alat atau instrument yang berfungsi untuk mengingatkan pilot apabila pesawatnya sudah mendekati keadaan stall

- **Electric Stall Warning System** ,pada kecepatan sekitar lima knots diatas kecepatan stall, vane akan terangkat dan menggerakan sebuah microswitch. Microswitch ini menyalakan sebuah lampu berwarna merah pada panel instrument atau membunyikan sebuah buzzer (sirene kecil) untuk mengingatkan pilot akan keadaan menuju stall

- **Non-Electric Stall Warning System** , Pada keadaan terbang normal, lubang udara pada daerah sebelum stall warning reed mendapat tekanan yang positif dan akibatnya reed tidak bergerak. Tetapi bila angle of attack bertambah, daerah yang bertekanan rendah di atas stagnation point bergerak di atas lubang masuk ke reed dan hasilnya reed mulai bergetar. Setiap perubahan angle of attack akan mengakibatkan perubahan node (tone) dari getaran reed.

- **Angle Of Attack Indicator**, cara yang sederhana dari indicator ini juga mempergunakan mekanisme yang sejenis dengan electric stall warning vane, akan tetapi vane ini bukan menggerakkan microswitch untuk menyalakan lampu atau menghidupkan buzzer, melainkan vane tersebut digunakan menggerakkan suatu resistor

- **Position** indicator seperti flap position indicator dan landing gear indicator pada pesawat terbang adalah penunjukan tidak langsung dari suatu gerakan mekanis

- Suction gages atau vacuum gages, adalah suatu instrument yang di pergunakan untuk menunjukan pengurangan tekanan udara atau menunjukan suatu jumlah tekanan kerendahan dari udara (vcuum pressure). Tekanan kerendahan tersebut di hasilkan oleh suatu pompa penghisap (vacuum pump) atau tabung vakum (venturi tube).

d. Tugas

1) Untuk apa angle of attact indicator di pergunakan ?
2) Apa yang dimaksud dengan winding dan push button knob pada CLOCK?
3) Pada instrumen tambahan suction gage digunakan sebagai?

e. Tes formatif

1) Apa kegunaan dari stall warning system ?
2) Bagaimana prinsip kerja electric stall warning system ?
3) Bagaimana prinsip kerja non-electric stall warning system ?
4) Apa yang di maksud dengan position indicator?
5) Tekanan kerendahan pada suction gage di hasilkan oleh?

f. Kunci jawaban tes formatif

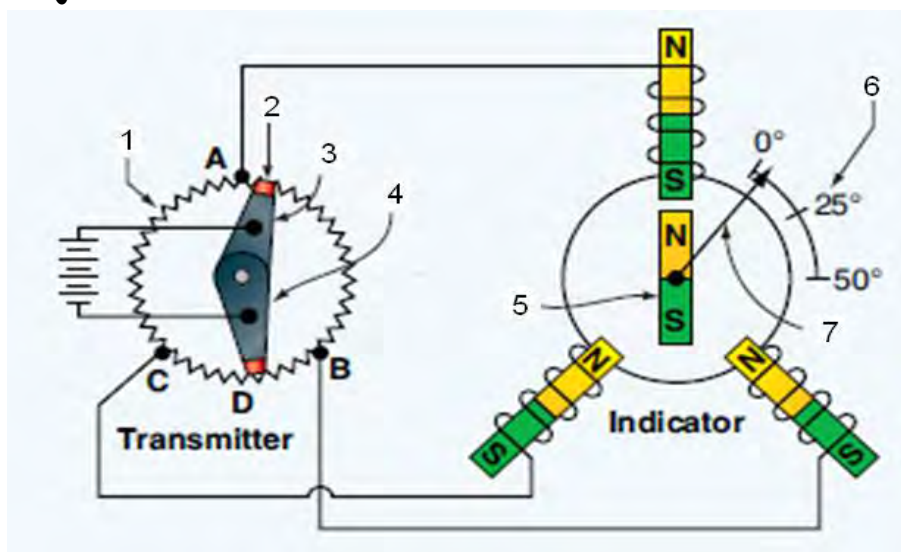
1) Stall Warning System merupakan alat atau instrument yang berfungsi untuk mengingatkan pilot apabila pesawatnya sudah mendekati keadaan stall

2) Electric Stall Warning System ,pada kecepatan sekitar lima knots diatas kecepatan stall, vane akan terangkat dan menggerakan sebuah microswitch. Microswitch ini menyalakan sebuah lampu berwarna merah pada panel instrument atau membunyikan sebuah buzzer (sirene kecil) untuk mengingatkan pilot akan keadaan menuju stall

3) Non-Electric Stall Warning System , Pada keadaan terbang normal, lubang udara pada daerah sebelum stall warning reed mendapat tekanan yang positif dan akibatnya reed tidak bergerak. Tetapi bila angle of attack bertambah, daerah yang bertekanan rendah di atas stagnation point bergerak di atas lubang masuk ke reed dan hasilnya reed mulai bergetar. Setiap perubahan angle of attack akan mengakibatkan perubahan node (tone) dari getaran reed.

4) Position indicator adalah penunjukan tidak langsung dari suatu gerakan mekanis, salah satu contoh dari system ini adalah memakai listri D.C. yang disebut dengan D.C. selsyn system.

5) Tekanan kerendahan pada suction gage di hasilkan oleh suatu pompa penghisap (vacuum pomp) atau tabung venturi (venturi tube).

g. Lembarkerja siswa

No	Nama komponen	fungsi
1		
2		
3		
4		
5		

5. Pembelajaran Kelima

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari materi ini, siswa dapat

1) Menyebutkan komponen auto pilot
2) Menjelaskan cara kerja auto pilot

b. Uraian materi

AUTOPILOT

Cara Kerja Sistem Autopilot

Pada tahun 1931, seorang pilot Amerika Wiley Post terbang dengan pesawat Locheed Vega--"Winnie Mae"-- dalam rangka mengelilingi dunia dengan catatan catatan delapan hari 15 jam 5 menit. Post memiliki sebuah navigator yang dinamakannya *Harold Gatty* untuk membantunya tetap betah dan melawan lelah pada penerbangan bersejarah tersebut. Namun ketika Post menjadi orang pertama yang terbang solo mengelilingi dunia pada tahun 1933, semuanya ia lakukan sendiri tanpa bantuan tenaga orang lain. Dan ternyata rahasia suksesnya atau minimal salah satu rahasia suksesnya sangat sederhana, yaitu***autopilot***yang mengemudikan pesawat ketika ia beristirahat.

George Stroud/Express/Getty Images

Sistem autopilot pertama pada pesawat Avro 19, sekitar tahun 1947.

Sekarang ini autopilot merupakan sistem yang sangat mutakhir yang mampu melakukan tugas yang sama selayaknya seorang pilot yang sudah sangat terlatih. Pada kenyataannya untuk beberapa prosedur dan rutinitas penerbangan, autopilot bahkan lebih baik dari pada sepasang tangan manusia.Autopilot tidak hanya membuat penerbangan menjadi lebih lancar tetapi juga lebih aman dan lebih efisien.

Autopilots and Avionics

Pilot automatis atau autopilot merupakan seperangkat peralatan untuk mengendalikan pesawat luar angkasa (*spacecraft*), pesawat udara (*aircraft*), kapal laut, misil (peluru kendali), dan kendaraan lain tanpa intervensi tangan manusia secara konstan. Banyak orang beranggapan bahwa autopilot hanya terdapat pada pesawat terbang/pesawat udara sebagaimana yang sering kita dapati dalam setiap pesawat terbang saat ini, namun pada dasarnya prinsip kerjanya adalah sama dimanapun alat ini dipasang.

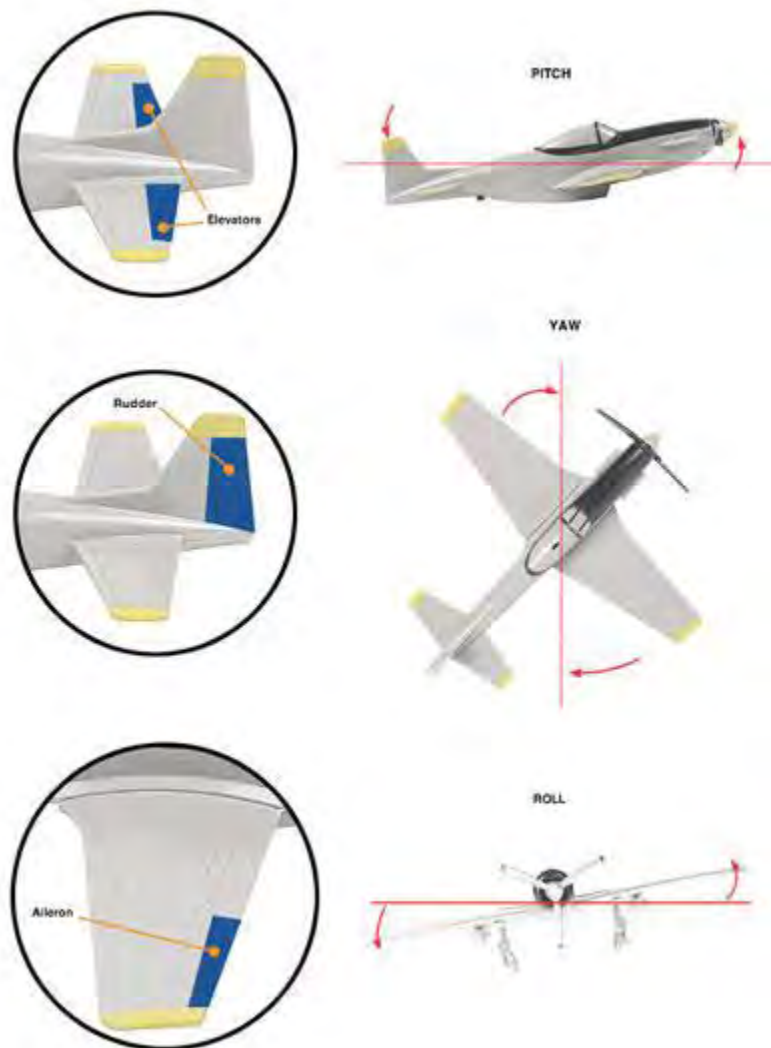



Image courtesy of Bill Harris.

Dalam dunia pesawat terbang, atau lebih akuratnya dijelaskan dengan ***Automatic Flight Control System***(AFCS).AFCS merupakan salah satu bahagian dari *aircraft's* ***avionics***-- sistem elektronik dan peralatan yang digunakan untuk mengendalikan sistem-sistem penting dari pesawat terbang dan penerbangan.Sistem pengendalian penerbangan meliputi sistem

elektronik untuk komunikasi, navigasi, dan untuk cuaca. Penggunaan awal AFCS adalah untuk memberikan bantuan bagi pilot selama tahap penerbangan yang membosankan seperti pada saat terbang pada ketinggiaan yang tinggi. Banyak lagi yang bisa dilakukan oleh sistem autopilot, seperti membuat pesawat bermanuver dengan sangat tepat seperti mendaratkan pesawat pada kondisi jarak pandang nol (zero visibility).

Walaupun terdapat banyak variasi dari sistem autopilot, kebanyakan sistem autopilot dapat diklasifikasikan berdasarkan jumlah bagian (*part/surface*) yang dikendalikan. Untuk membantu memahaminya kita perlu familiar dengan tiga bagian pengendali dasar (*basic control surface*) yang mempengaruhi kinerja pesawat.Yang pertama adalah***elevator***, yang merupakan peralatan yang terletak di ekor pesawat yang berfungsi untuk mengendalikan *pitch* (manuver pesawat terbang pada sumbu horizontal yang tegak lurus dengan arah pergerakan pesawat terbang).***Rudder*** juga terletak di ekor pesawat terbang. Ketika *rudder* dimiringkan ke kanan (*starboard*), pesawat terbang akan berputar pada sumbu vertikal ke arah kiri. Ketika *rudder* dimiringkan ke kiri (*port*) pesawat akan berputar kearah yang berlawanan. Dan yang terakhir yaitu: ***ailerons*** yang terletak pada ujung belakang setiap sayap, bagian ini berfungsi untuk menggulingkan pesawat dari satu sisi ke sisi lain.
Sistem autopilot mampu mengendalikan salah satu atau semua bagian-bagian tersebut. Berdasarkan jumlah bagian yang dikendalikan inilah sistem autopilot dibagi lagi menjadi tiga. ***Single-axis autopilot*** (autopilot sumbu tunggal) hanya mengendalikan salah satu dari ketiga bagian tadi, bagian yang dikendalikan biasanya *aileron*. Tipe sederhana dari autopilot ini dikenal juga dengan "*wing leveler*" karena dengan mengendalikan *roll* (gerakan berguling/berputar pesawat) alat pengendali ini akan menjaga sayap pesawat dalam keadaan stabil. ***Two-axis autopilot*** (autopilot dua sumbu) mengendalikan *elevator* dan *aileron*. Dan yang terakhir ***three-axis autopilot*** (autopilot tiga sumbu) mengendalikan ketiga sistem pengendali tersebut: *aileron*, *elevator* dan *rudder*.

Autopilot Parts
Sebenarnya yang menjadi jantung dari sistem pengendali penerbangan otomatis modern adalah sebuah komputer dengan beberapa prosesor yang berkecepatan tinggi.Untuk mendapatkan kepintaran yang dibutuhkan untuk mengendalikan pesawat, prosesor berkomunikasi dengan sensor yang diletakkan pada bagian-bagian pengendali utama.Prosesor ini juga mampu mengumpulkan data dari sistem dan peralatan pesawat terbang lain termasuk *gyroscope*, *accelerometer*, *altimeter*, kompas, dan indikator kecepatan udara (*airspeed indicator*).

Prosesor dalam AFCS akan mengambil data input, kemudian dengan menggunakan perhitungan yang kompleks membandingkannya dengan pengaturan mode pengendali. Setting mode pengendali dimasukkan oleh pilot yang mendefinisikan detail penerbangan. Misalnya mode pengendali mendefinisikan bagaimana ketinggian pesawat ditentukan. Ada juga mode pengendali lain seperti menentukan kecepatan udara dan jalur penerbangan.

Perhitungan tersebut menentukan apakah pesawat telah menjalankan perintah yang diatur oleh mode pengendali atau belum. Prosesor kemudian mengirimkan signal ke berbagai unit ***servomechanism***. *Servomechanism* atau sering disingkat *servo* merupakan alat yang memberikan pengendalian mekanis pada suatu jarak tertentu.Satu *servo* cukup untuk semua bagian kendali yang termasuk dalam sistem autopilot.*Servo* akan menerima instruksi komputer dan menggunakan motor atau *hydraulic* untuk menggerakkan bagaian kendali pesawat, menjamin pesawat berada dalam posisi dan jalur yang tepat.

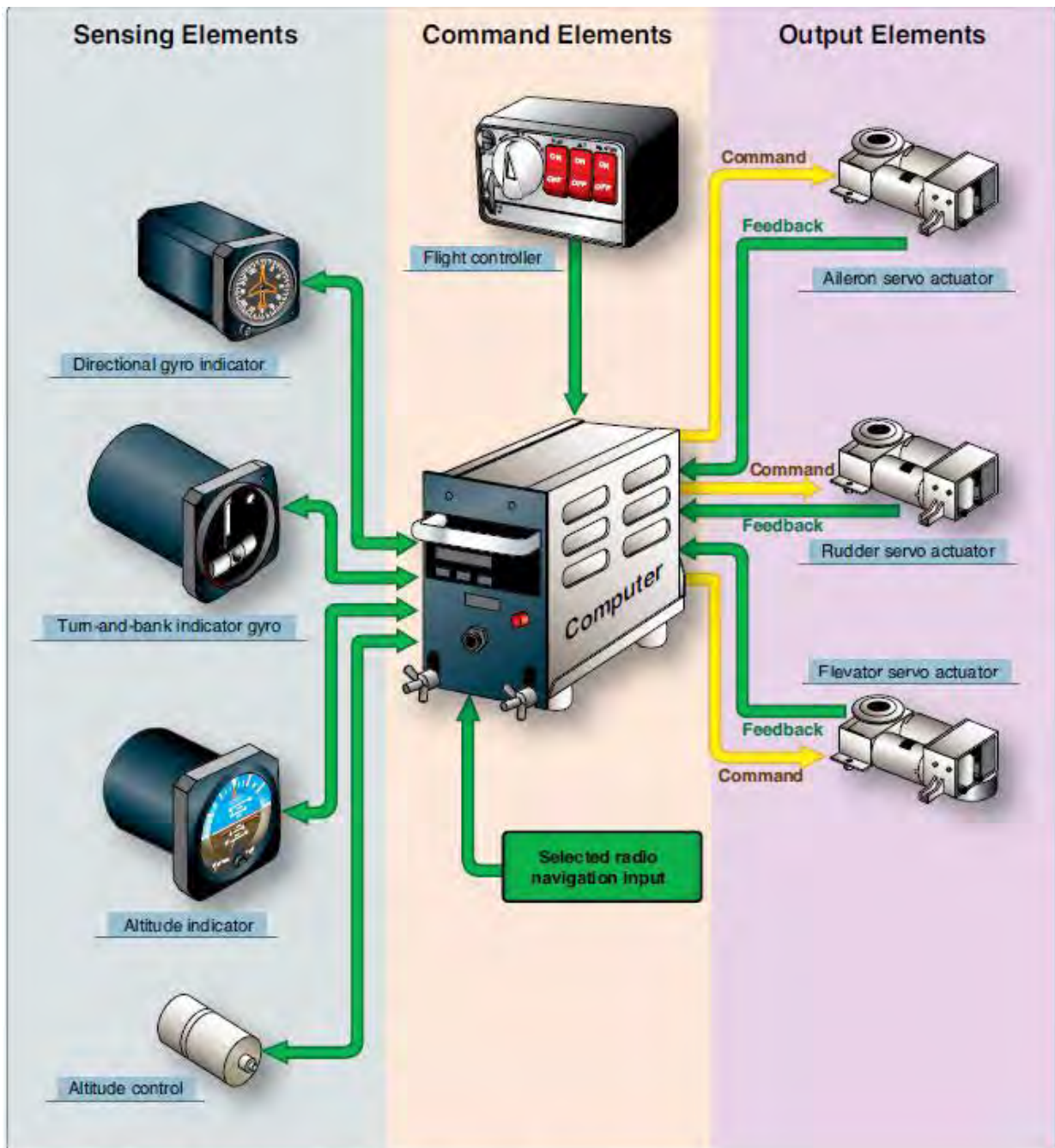



Figure 10-108. *Typical analog autopilot system components.*

Penemuan Autopilot

Seorang penemu dan insinyur terkenal Elmer mempatenkan *gyrocompas* pada tahun

1908, namun *gyrocompas* pertama sekali ditemukan oleh anaknya Lawrence Burst Sperry, yang merupakan orang pertama yang menguji peralatan tersebut pada pesawat terbang. Autopilot Sperry muda menggunakan empat *gyroscope* untuk menstabilkan pesawat terbang dan telah banyak membantu kebanyakan penerbangan pertama, termasuk penernangan pada saat malam pertama dalam sejarah penerbangan. Pada tahun 1932, Sperry Gyroscope Company telah mengembangkan automatic pilot yang digunakan oleh Wiley Post yang digunakan dalam penerbangan solo pertamanya mengelilingi dunia.

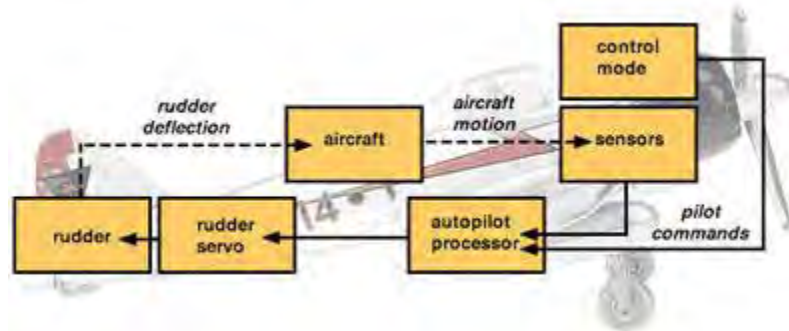



Image courtesy Bill Harris.

Ilustrasi diatas menunjukkan bagaimana elemen-elemen dasar dari sistem autopilot dihubungkan. Untuk menyederhanakannya, hanya satu bagian kendali (yaitu *rudder*) yang ditunjukkan, setiap bagian kendali akan memiliki susunan yang sama seperti yang diperlihatkan pada ilustrasi diatas. Terlihat bahwa skema dasar dari autopilot tampak seperti sebuah loop (rangkaian tertutup) dengan sensor pengirim data ke komputer autopilot yang memproses informasi dan mengirim signal ke *servo*, dan *servo* akan segera menggerakkan bagian kendali yang akan merubah posisi pesawat, dan kemudian akan membuat data baru yang dikirim ke sensor, dan keseluruhan proses ini akan diulangi lagi. Jenis *feedback loop* diatas adalah sistem operasi dari autopilot.

Autopilot Control Systems

Autopilot merupakan salah satu contoh dari sistem kontrol.Sistem kontrol bertindak berdasarkan pada pengukuran dan hampir selalu memiliki dampak pada nilai yang diukurnya. Contoh klasik dari sistem kontrol adalah ***negative feedback loop*** yang mengendalikan *thermostat*. Loop tersebut bekerja dengan cara seperti berikut ini:

1. Pada saat musim panas pemilik rumah akan mengatur thermostat-nya ke temperatur ruangan yang diinginkannya--katakanlah 78 F (25 C).
2. *Thermostat*akan mengukur temperatur udara dan membandingkannya dengan nilai yang diatur oleh pemilik rumah.
3. Setelah beberapa saat, udara panas dari luar rumah akan menaikkan temperatur di dalam rumah. Ketika temperatur di dalam rumah telah melebihi 78 F, akan dikirim signal ke unit ac (*air conditioning*).
4. Air conditioning akan hidup dan mendinginkan ruangan.
5. Ketika temperatur di dalam ruangan telah kembali ke nilai 78 F, signal lain akan dikirim ke ac untuk mematikan ac.

Disebut dengan *negative feedback loop* karena menghasilkan aksi tertentu (ac hidup) yang akan menghalangi kinerja lebih lanjut dari aksi tersebut. Semua *negative feedback loop* memerlukan sebuah ***receptor***, ***control center***, dan***effector***. Pada contoh diatas yang

menjadi*receptor*-nya adalah termometer yang mengukur temperatur udara.*Control center*-nya adalah prosesor didalam thermostat, dan *effector*-nya adalah ac.

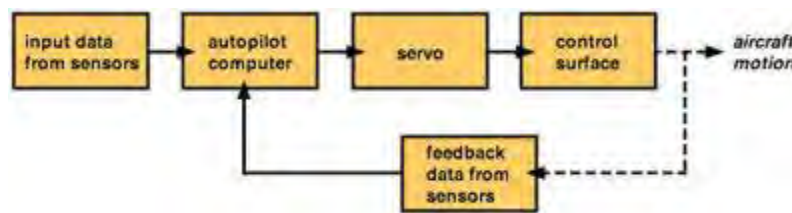



Image courtesy Bill Harris

Sistem pengendali penerbangan otomatis juga bekerja dengan cara yang sama. Misalnya kita ambil contoh pilot yang telah mengaktifkan *single-axis autopilot* yang juga disebut dengan *wing leveler* seperti yang telah dikemukakan diatas.

1. Pilot mengatur mode pengendalian untuk menjaga posisi sayap pada suatu level tertentu.
2. Bagaimanapun, walaupun dalam keadaan udara yang tenang, sayap pesawat akan turun.
3. Sensor yang terletak di sayap akan mendeteksi penurunan sayap ini dan kemudian mengirim signal ke komputer autopilot.
4. Komputer autopilot memproses data dan menyatakan bahwa sayap pesawat tidak lagi berada pada level yang diinginkan.
5. Komputer autopilot mengirim signal ke *servo* untuk mengendalikan *aileron* pesawat. Signal yang dikirim merupakan sebuah perintah yang sangat spesifik yang memerintahkan *servo* untuk membuat suatu penyesuaian yang tepat.
6. Setiap *servo* memiliki sebuah motor elektrik yang memiliki kabel yang kekang untuk menarik kabel *aileron*. Ketika kabel tersebut bergerak bagian kendalipun akan ikut bergerak mengikuti arah pergerakan kabel.
7. Karena *aileron* disesuaikan berdasarkan pada data input, sayap pesawat akan bergerak kembali ke level semula.
8. Komputer autopilot menghapus perintah ketika sensor yang terletak di sayap pesawat mendeteksi bahwa sayap telah berada pada level yang diinginkan lagi.
9. *Servo* berhenti menggunakan tekanan terhadap kabel *aileron* untuk menggerakkan sayap pesawat.

Loop seperti yang ditunjukkan pada diagram blok diatas bekerja secara kontinyu selama beberapa kali dalam satu detik melibatkan banyak prosesor untuk mengendalikan banyak bagian kendali. Bahkan beberapa pesawat terbang memiliki komputer pendorong otomatis (*autothrust computers*) untuk mengendalikan gaya dorong mesin. Sistem autopilot dan sistem autothrust mampu bekerja bersama-sama untuk melakukan manuver-manuver yang sangat kompleks.

Autopilot Failure

Autopilot bisa berfungsi dengan baik dan bisa juga gagal.Masalah yang paling sering ditemui pada sistem autopilot adalah kegagalan servo baik karena motornya yang buruk ataupun koneksi yang buruk. Sensor posisipun bisa juga tidak berfungsi sehingga menghasilkan tidak ada data input ke komputer autopilot. Untungnya sistem autopilot untuk pesawat terbang dirancang supaya aman dari kegagalan-kegagalan tersebut. Untuk menghentikan sistem autopilot sangat sederhana, awak kru pesawat hanya perlu melakukan pemutusan sistem

autopilot dengan cara menarik tuas *power switch autopilot* atau apabila cara tersebut masih belum berhasil dapat juga dilakukan dengan menarik *autopilot circuit breaker*.

Beberapa kecelakaan pesawat terbang disebabkan karena pilot yang gagal untuk memutuskan sistem pengendali penerbangan automatis. Pilot berhenti berusaha untuk mengatur pengendalian yang dilakukan autopilot, tidak mampu memahami mengapa pesawat tidak melakukan perintah yang diberikan. Oleh sebab itulah mengapa pada skenario kondisi yang demikian program-program intruksi penerbangan sangat menegangkan untuk dipraktekkan. Pilot harus tahu bagaimana menggunakan setiap fitur yang tersedia pada AFCS, dan pilot juga harus tahu bagaimana memutuskan sistem AFCS dan terbang tanpa menggunakan sistem tersebut. Pesawat juga harus mengikuti skedul *maitenance* yang ketat untuk menjamin semua sensor dan *servo* bekerja dengan baik.Penyesuaian dan perbaikan apapun yang dilakukan terhadap komponen-komponen kunci perlu dilakukan penyesuaian lagi terhadap komputer autopilot.Misalnya apabila ada perbaikan yang dibuat terhadap instrumen *gyro*, perlu dilakukan pengaturan ulang pada komputer autopilot.

Digital Vision/Getty Images
Autopilot mampu mengendalikan pesawat jauh lebih lancar dibandingkan dengan pilot manusia.

The John F. Kennedy Jr. Crash

Ada banyak spekulasi yang beredar mengenai kecelakaan pesawat yang menyebabkan meninggalnya John F. Kennedy Jr., bersama dengan istrinya Carolyn Bessette Kennedy, dan adik iparnya Lauren Bessette, pada tanggal 16 Juli 1999. Walaupun *National Transportation Safety Board* (NTSB/Badan Keamanan Transportasi Nasional Amerika Serikat) menyatakan bahwa kemungkinan penyebab kecelakaan adalah karena disorientasi pada saat pesawat sedang terbang, namun beberapa kalangan menilai hal tersebut terjadi karena adanya *mechanical failure* -- yang mungkin disebabkan karena kegagalan autopilot -- yang berpotensi menyebabkan kecelakaan.

Pesawat Piper PA-32R-301, Saratoga II, N9253N, telah dilengkapi dengan Bendix/King 150 Series Automatic Flight Control System, sistem autopilot dua sumbu (*two-axis autopilot*) yang mengendalikan *pitch* and *roll*. Dari hasil investigasi yang dilakukan oleh NTSB membuktikan bahwa sistem autopilot pesawat tersebut telah pernah gagal berfungsi sekali atau dua kali sebelum kecelakaan tersebut terjadi. Pada saat demikianlah seharusnya sistem autopilot perlu diputuskan dan disambungkan lagi.

Permasalahan dengan sistem autopilot seperti itu sangat berpotensi menimbulkan

kecelakaan pesawat walaupun hal tersebut terlihat tidak mungkin terjadi. Kenyataannya beberapa laporan menunjukkan bahwa sistem autopilot telah diputuskan sebelum pesawat tersebut menemui masalah.

Modern Autopilot Systems

Banyak sistem autopilot modern mampu menerima data dari penerima ***Global Positioning System*** (GPS) yang terpasang pada pesawat.Penerima GPS dapat menetukan posisi pesawat di udara dengan mengkalkulasi jarak pesawat dari tiga atau lebih satelit yang terhubung dalam jaringan GPS. Dilengkapi dengan alat pemberi informasi posisi tersebut, autopilot dapat melakukan lebih dari menjaga pesawat tetap berada pada posisi dan ketinggian yang sama -- sistem autopilot bahkan mampu melakukan perencanaan penerbangan yang baik.

Digital Vision/Getty Images

Sistem autopilot terbaru mampu melakukan seluruh rencana penerbangan.

Kebanyakan jet komersial telah memiliki kemampuan untuk melakukan perencanaan penerbangan walaupun hanya sesaat, bahkan pesawat-pesawat kecilpun telah dilengkapi dengan sistem autopilot yang canggih. New Cessna 182s dan 206s telah dilengkapi dengan Garmin G1000 integrated cockpit pada saat keluar dari dari pabrik, termasuk sebuah sistem autopilot elektronik digital (*digital electronic autopilot*) yang telah dikombinasikan dengan *flight director* (pengarah penerbangan). The Garmin G1000 pada dasarnya telah memiliki semua kemampuan tersebut, generasi terbaru pesawat eklektronik umum, teknologi yang dulunya hanya bisa dimimpikan oleh Wiley Post pada tahun 1933.

Cruise Control -- Autopilot for Your Car

Autopilot tidak hanya ditemukan pada pesawat terbang. Kapal laut juga memilikinya walaupun sistem autopilot pada kapal laut dikenali dengan nama yang berbeda. Beberapa kapten menyebut sistem autopilot kapalnya dengan "*Metal Mike*," sebuah nama sebutan yang muncul segera setelah Elmer Sperry menemukan *gyrocompass*.

Keberapa kapten kapal juga menyebut sistem autopilot pada kapal laut dengan "*autohelmsma*n" (nahkoda automatis) karena alat ini bekerja layaknya seorang nahkoda, mengemudikan kapal secara efisien tanpa intervensi manusia. Bahkan mobil model terbarupun telah memiliki sistem autopilot yang disebut dengan *cruise control*, sistem ini juga merupakan contoh klasik lain dari sistem pengendalian. *Cruise control* secara otomatis mengatur kecepatan mobil dengan menggunakan *feedback loop* yang meliputi sensor

kecepatan dan pemercepat mobil (*car's accelerator*).

c. Rangkuman

- **autopilot** merupakan sistem yang mampu melakukan tugas yang sama selayaknya seorang pilot yang sudah sangat terlatih. Pada kenyataannya untuk beberapa prosedur dan rutinitas penerbangan, autopilot bahkan lebih baik dari pada sepasang tangan manusia. Autopilot tidak hanya membuat penerbangan menjadi lebih lancar tetapi juga lebih aman dan lebih efisien.

- **basic control surface** yang mempengaruhi kinerja pesawat ialah :
  - ***elevator***, yang merupakan peralatan yang terletak di ekor pesawat yang berfungsi untuk mengendalikan *pitch* (manuver pesawat terbang pada sumbu horizontal yang tegak lurus dengan arah pergerakan pesawat terbang).
  - ***Rudder*** juga terletak di ekor pesawat terbang. Ketika *rudder* dimiringkan ke kanan (*starboard*), pesawat terbang akan berputar pada sumbu vertikal ke arah kiri. Ketika *rudder* dimiringkan ke kiri (*port*) pesawat akan berputar kearah yang berlawanan.
  - ***ailerons*** yang terletak pada ujung belakang setiap sayap, bagian ini berfungsi untuk menggulingkan pesawat dari satu sisi ke sisi lain

- **Berdasarkan** jumlah bagian yang dikendalikan inilah sistem autopilot dibagi lagi menjadi tiga.
  - ***Single-axis autopilot*** (autopilot sumbu tunggal) hanya mengendalikan salah satu dari ketiga bagian tadi, bagian yang dikendalikan biasanya *aileron*. Tipe sederhana dari autopilot ini dikenal juga dengan "*wing leveler*" karena dengan mengendalikan *roll* (gerakan berguling/berputar pesawat) alat pengendali ini akan menjaga sayap pesawat dalam keadaan stabil.
  - ***Two-axis autopilot*** (autopilot dua sumbu) mengendalikan *elevator* dan *aileron*. Dan yang terakhir
  - ***three-axis autopilot*** (autopilot tiga sumbu) mengendalikan ketiga sistem pengendali tersebut: *aileron*, *elevator* dan *rudder*.

d. Tugas

e. Tes formatif

f. Kuncijawaban tes formatif

g. Lembarkerja siswa

BAB. III
EVALUASI

A. Attitudeskill

No.	Nama Siswa	Aspek Penilaian												Total nilai
		Keterbukaan	Ketekunan belajar	Kerajinan	Tenggang rasa	Kedisiplinan	Kerjasama	Ramah dengan teman	Hormat padaorang tua	Kejujuran	Menepati janji	Kepedulian	Tanggung jawab	
1														
2														
dst														

Keterangan:
Skala penilaian sikap dibuat dengan rentang antara 1 sampai dengan 5.
1 = sangat kurang; 2 = kurang; 3 = cukup; 4 = baik dan 5 = amat baik.

B. Kognitif skill

1) Pedoman Penilaian Soal Essay

No Soal	Skor Maksimal	Keterangan	Skor
1	10	* Jika jawaban benar dan lengkap * Jika jawaban kurang lengkap * Jika menjawab dengan salah	10 7 3
2	10	* Jika jawaban benar dan lengkap * Jika jawaban kurang lengkap * Jika menjawab dengan salah	10 7 3
3	10	* Jika jawaban benar dan lengkap * Jika jawaban kurang lengkap * Jika menjawab dengan salah	10 7 3

4	10	* Jika jawaban benar dan lengkap * Jika jawaban kurang lengkap * Jika menjawab dengan salah	10 7 3
5	10	* Jika jawaban benar dan lengkap * Jika jawaban kurang lengkap * Jika menjawab dengan salah	10 7 3

2) Pedoman Penilaian Pilihan Ganda

- Nilai maksimum = 10

C. Psikomotorik skill

LEMBAR PENILAIAN

Nama siswa :…………………..
Tingkat / Kelas :…………………..
Semester :…………………..
Standar Kompetensi :…………………..
Kompetensi Dasar :…………………..

No	*Komponen/Subkomponen Penilaian*	**Bobot**	*Pencapaian Kompetensi*			
			Tidak (0)	*Ya*		
				7,0-7,9	*8,0-8,9*	*9,0-10*
I	Persiapan Kerja	10				
	▪ emakai pakain praktek					
	▪ emeriksa peralatan					
II	Proses kerja	40				
	▪ erapian memasang alat					
	▪ ebenaran pemasangan alat					
	▪ embacaan alat ukur					
III	Sikap Kerja	20				
	▪ eselamatan kerja					
	▪ anggung jawab					
IV	Laporan	30				
	▪ iring diagram					
	▪ esimpulan					
Nilai Praktik						

Bandung,
Guru mata pelajaran

BAB. IV
PENUTUP

Materi *aircraft instruments* pada bahan ajar ini merupakan materi yang harus dimiliki oleh setiap siswa yang mengambil Program Keahlian Teknologi Pesawat Udara khususnya Paket Keahlian Kelistrikan Pesawat Udara , sehingga apabila lulus nanti akan sangat membantu dalam pelaksanaan tugas sebagai mekanik di bidang penerbangan baik di industry manufaktur maupun perawatan Pesawat Udara.

Setelah menyelesaikan bahan ajar ini, anda berhak untuk mengikuti tes teori dan praktik untuk menguji kompetensi yang telah anda pelajari. Apabila anda dinyatakan memenuhi syarat kelulusan dari hasil evaluasi dalam bahan ajar ini, maka anda berhak untuk melanjutkan ke topik/bahan ajar yang lainya . Dan apabila anda telah menyelesaikan seluruh evaluasi dari setiap bahan ajar, maka hasil yang berupa nilai dari guru/ instruktur atau berupa portofolio dapat dijadikan sebagai bahan verifikasi oleh industry .Selanjutnya hasil tersebut dapat dijadikan sebagai penentu standar pemenuhan kompetensi tertentu dan bila memenuhi syarat anda berhak mengikuti uji kompetensi yang diadakan bersama antara sekolah dan industry untuk mendapatkan sertifikat kompetensi yang dikeluarkan oleh industry .

DAFTAR PUSTAKA

- Yusuf Trenggono, priyono Rahardjo, instrument pesawat terbang 1, Direktorat Pendidikan Menengah Kejuruan Departemen P&K
- U.S. Department Of Transportation Federal Aviation Administration, 2012, Aviation Maintenance Technician Handbook–Airframe Volume 1
- U.S. Department Of Transportation Federal Aviation Administration, 2012, Aviation Maintenance Technician Handbook–Airframe Volume 2
- Basic Handbook, Aircraft instruments, Jakarta Aviation Training services
- Bahan-bahan dari internet
  - Tzywen.com
  - Navfltsm.addr.com
  - Andybambang 1.blogspot.com
  - Nurfadli-chemeng.blogspot.com
  - Chiefaircrfat.com